



**III CONEDU**

CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

## **A ESPESSURA DO VIDRO COMO VARIÁVEL PARA ESTUDO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DO FOGÃO SOLAR TIPO CAIXA.**

Luzia Keli da Silva Coura<sup>1</sup>; Renally Cristine Martins de Oliveira<sup>2</sup>; Rayane Esterfany Martins Barbosa<sup>3</sup>; Joyce Rayane Carlos Gomes<sup>4</sup> José Guimarães de Carvalho Neto<sup>5</sup>

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba- Campus- Sousa*

*luziadasilva79@gmail.com<sup>1</sup>; renally.cristine@outlook.com<sup>2</sup>; rayane.esterfane@outlook.com<sup>3</sup>; Joyce-rayane2@hotmail.com<sup>4</sup>; ze.ambiental@gmail.com<sup>5</sup>*

### Introdução

A tecnologia social é tudo aquilo que compreende produtos, técnicas ou metodologias replicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social. (RODRIGUES; BARBIERI (2008)). Dentre as várias tecnologias sociais destaca-se fogão solar, no qual existem três tipos: o tipo painel, no qual utiliza uma maior quantidade de refletores e é conhecido por sua praticidade na montagem e desmontagem; o parabólico é conhecido por ser mais potente, atingindo altas temperaturas em menos tempo devido sua estrutura (VARELA, 2013) além do tipo caixa que será mais bem abordado. O fogão tipo caixa apresenta resultados favoráveis como à facilidade de uso e confecção, pode ser construído com matéria-prima reciclada, além de apresentar eficiência de cozimento. (SANT'ANNA et. al 2009).

Segundo Moura et. al (2007) os estudos que viabilizam o uso do fogão solar, através da otimização do seu processo construção e dos níveis de temperaturas que são gerados, buscam o conforto de quem utiliza. Estes estudos possuem como prioridade uma política de combate ao desequilíbrio ecológico, que amenizem os impactos gerados pelas matrizes de fonte energética, possibilitando a fixação do homem no campo, oferecendo uma opção de geração de renda.

O fogão solar tipo caixa tem como fonte energética a radiação solar proveniente da luz do Sol, que chega a superfície terrestre por ondas eletromagnéticas. O aproveitamento da radiação solar traz benefícios em longo prazo, pois se transformarmos a energia solar que o Brasil recebe anualmente seria equivalente a 54% do petróleo nacional, duas vezes a energia obtida como carvão mineral e quatro vezes a energia gerada durante um ano. (CARVALHO, Neto (2007)).

Diante destas questões, fogão solar tipo caixa apresenta-se como uma tecnologia social, que segundo Instituto Nacional de Tecnologia Social (INATES) está conceituada como “*produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas em interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social*”. Muito do custo intrínseco na confecção do fogão, objeto deste trabalho, reside na compra do vidro que vai a sua parte superior. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar a confecção do forno solar tipo caixa, tendo em vista



**III CONEDU**

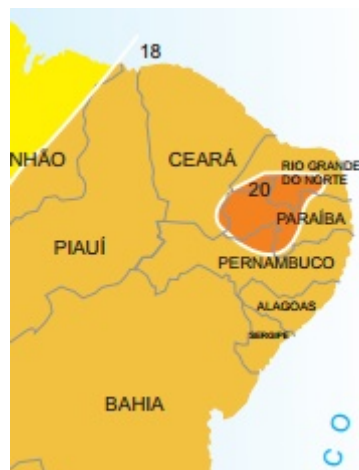
CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

seu custo-benefício a partir da eficiência térmica obtida pela espessura do vidro utilizado, um de 3 e outro de 4mm.

### Metodologia

A radiação solar que incidem em cada região varia de acordo com sua localização geográfica, e o tempo em horas que o Sol está disponível diariamente. Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno da Terra (movimento de rotação), ou seja, é trajetória elíptica que a Terra realiza ao redor do Sol, (SILVA, (2013)). A radiação solar é distribuída ao longo dos intervalos de latitude. O Brasil por sua vez, tem um grande percentual de aproveitamento de energia solar, devido estar localizado próximo à linha do Equador, enaltecendo a cidade de Sousa perante sua alta incidência de energia solar.

A área onde o estudo foi realizado é a cidade de Sousa, popularmente conhecida como Cidade Sorriso, localizada no alto sertão paraibano, a cidade localiza-se à aproximadamente 430 km da capital, João Pessoa-PB. Possuindo uma população de aproximadamente 70mil hab., e área territorial equivalente a 738,547 km<sup>2</sup>. (CENSO, 2010) Está situada no bioma Caatinga e seu clima é classificado como semi-árido, é bastante conhecida por ter um sítio zooarqueológico - Vale dos Dinossauros e sua fama de produção de cocos, que sofreu uma forte regressão desde o início da crise hídrica. Para seu abastecimento de água a cidade tem como principal fonte hídrica, o açude de São Gonçalo, localizado no distrito de São Gonçalo. A cidade também é conhecida por ter uma radiação média anual no qual segunda o site da Aneel (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA) é de 20mj/m<sup>2</sup>, ou seja, cerca de 5,5 kw/hm<sup>2</sup>m<sup>2</sup>. Nos meses de Novembro e Dezembro onde o índice de raios solares é maior na região a incidência dos raios pode variar de 24 a 26Mj/m<sup>2</sup> Se convertermos 1m<sup>2</sup> de Mj em energia a quantidade obtida poderia suprir uma casa que consome cerca de 150kwh por mês. Além disso, o nordeste paraibano tem um alto índice de isolamento, recebendo cerca de 8 horas por dia. Na figura 1 é possível observar Radiação solar global diária - média anual típica (MJ/m<sup>2</sup>.dia).



**Figura 1** Radiação solar global diária - média anual típica (MJ/m<sup>2</sup>.dia).  
2000

**Fonte:** ATLAS Solarimétrico do Brasil,

O fluxo de calor é proveniente da energia solar no qual é a principal fonte energética do fogão solar tipo caixa. O fogão apresenta uma estrutura simples, que consiste em duas caixas sobrepostas uma dentro da outra, isoladas entre si, onde o próprio ar pode se um isolamento. Contendo no interior da caixa interna materiais refletores e uma placa metálica, pintada de preto fosco, na parte superior das caixas é posicionado um vidro ou material transparente que tem função de permitir que os raios





**III CONEDU**

CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

solares passem e sejam refletidos para placa preta. Como mostra a figura 2 um esquema representativo de um fogão solar tipo caixa.

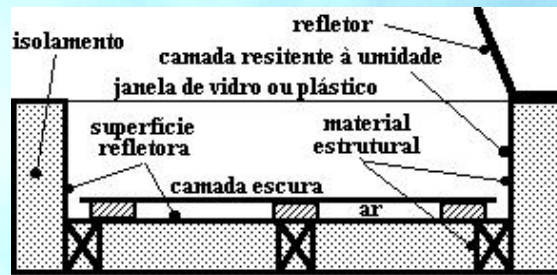


Figura 2: Estrutura representativa de um Fogão Solar Tipo Caixa

Porém no presente estudo foi utilizado um método um pouco diferente para a confecção do fogão solar como: para o isolamento foram utilizadas oito divisórias de papelão, um fundo falso foi criado para diminuir a altura e, por consequência, reduzindo a área de sombra incidente na placa metálica. Na parte inferior da placa preta foram posicionados bloquinhos de papelão para diminuir a superfície de contato. A superfície superior foi devidamente niveladas de modo a prover o correto posicionamento do vidro. Como mostra a figura 3



Figura 3: fogão confeccionado pelo grupo de pesquisa

Na estrutura do fogão solar tipo caixa, ocorre três tipos de transferência de calor, sendo elas, a radiação, condução e convecção. Antes da radiação de atingir o solo, as características da radiação solar (intensidade, distribuição espectral e angular) são afetadas por interações com a atmosfera devido aos efeitos de absorção e espalhamento. Estas modificações são dependentes da espessura da camada atmosférica, ou seja, são ondas eletromagnéticas viajando na velocidade da luz, ultrapassando o material transparente e fazendo com que os raios solares são absorvidos pela placa preta e não perpassem a estrutura, ocorrendo assim, um processo semelhante ao efeito estufa (TIRADENTES, 2007). Os raios solares refletem no espelho, onde o calor é concentrando na placa preta tornando possível uma propagação de calor através da convecção, que por sua vez, ocorre somente entre fluidos onde a massa de ar fria desce por ser mais densa e empurra a massa de ar quente, criando assim um ciclo rotatório. Por fim a propagação de calor através da condução ocorre entre meios sólidos onde o corpo que possui maior temperatura perde calor para um corpo de menor temperatura, até que ambos cheguem a um equilíbrio térmico. (MOURA, (2007)).

No intuito de avaliar a eficiência do fogão solar tipo caixa, foi realizado testes tendo como variável a espessura do vidro. Os fogões de teste foram confeccionado iguais, e a utilização dos vidros de diferentes espessuras, um de 3 e outro de 4mm, foram as variáveis para a determinação da eficiência térmica neste experimento a partir da ebulição de água destilada. Diante da ausência de



# III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

termômetros e piranômetro, o experimento foi realizado sob observação atenta das condições internas do fogão, e do tempo, avaliando-se a cada 5 minutos a condição da água destilada posta em cada um deles. Neste ponto é importante ressaltar os custos do vidro perante sua espessura: o de 3 mm custa 10R\$ e o de 4 mm custa 15R\$. Ou seja, uma diferença de valor na ordem de 50% que encarece bastante no valor final de uma série de fogões confeccionados e preparados para o uso.

Uma vez realizada a análise dos dois testes, torna-se possível confrontar com a equação de fluxo de calor, disposta na Eq. (1).

$\varphi = \text{fluxo de calor}$

$E = \text{espessura do vidro}$

$k = \text{coeficiente de condutibilidade}$

$A = \text{seção transversal de area}$

$\Delta = \text{intervalo de tempo}$

$\theta = \text{temperaturas nas extremidades}$

$$\text{Eq.1 } \varphi = \frac{k.A.\Delta\theta}{E}$$

## Resultados e Discussão

No dia 29/04/2016 e no dia 13/05/2016 às 09h50min foram realizados os testes para avaliar em quanto tempo a água destilada começa a ferver, utilizando os fogões confeccionados, ressaltando a diferença entre os vidros de 3 e 4 mm, ambos com a mesma quantidade de água destilada, como o volume de 560ml. O resultado dos experimentos podem ser observados na tabela 1.

**Tabela 1:** Observações dos experimentos para averiguação da eficiência do fogão diante da espessura do vidro

Intervalo de Tempo (min)	Experimento 1		Experimento 2	
	Vidro de 3mm	Vidro de 4mm	Vidro de 3mm	Vidro de 4mm
Data	29/04/2016		13/05/2016	
Após 25 Min	Vidro começa a embaçar	Nada acontece	Vidro começa a embaçar	Nada acontece
Após 35 Min	Vidro mais embaçado e poucas bolhas na água	Vidro começa embaçar	Vidro mais embaçado	Vidro começa embaçar
Após 45	Vidro muito embaçado e maior número de bolhas pequenas na água	Vidro embaçado com poucas bolhas na água	Vidro muito embaçado e bolhas pequenas na água	Vidro mais embaçado
Após 55	Vidro muito embaçado e bolhas maiores	Vidro embaçado com maior número de bolhas pequenas na água	Vidro muito embaçado e bolhas maiores	Vidro embaçado com pequenas na água





Pela análise da tabela 1, o melhor desempenho do fogão com vidro de 3mm aconteceu em ambos os testes. A partir de 35 minutos as primeiras bolhas de água foram formadas para o fogão com vidro de 3mm, traduzindo o estado do vidro bastante embaçado e o vidro com um estado de evaporação da água bastante elevado. No primeiro teste o dia apresentava céu claro, sem nuvens e bastante ensolarado, o que facilitou um melhor desempenho dos fogões. Enquanto que no segundo experimento houve nuvens passageiras, que podem justificar o tardiamente para a fervura da água. Ainda assim, no dia 13/05/2016 o fogão que possuía o vidro de 3mm volta a mostrar uma melhor eficiência. Uma vez obtido os resultados práticos de observação, fez-se a confirmação perante a equação do fluxo de calor, ao substituir a espessura do vidro na Eq. (1), conforme Eq. (2) e (3), que a maior eficiência térmica está atrelada ao vidro de 3mm.

$$\varphi = \frac{k.A.\Delta\theta}{3} = 0,33k.A.\Delta\theta \quad \text{Eq.2}$$

$$\varphi = \frac{k.A.\Delta\theta}{4} = 0,25k.A.\Delta\theta \quad \text{Eq.3}$$

Percebe-se que o fluxo de calor que passa pelo vidro de 3mm é maior em, aproximadamente, 25% do que o fluxo de calor que passa pelo vidro de 4 mm. Esta diferença de 25% do fluxo de calor, oriundos da espessura do vidro, assim pode-se caracterizar e verificar os resultados obtidos em pratica. Como mostra a figura 4 (A) e (B).



Figura 4 (A): Experimento 1

Figura 4 (B): Experimento 2

Na figura 4 (A) o fogão de 3mm é o da esquerda no qual apresenta gotículas de água no vidro, isso se dá pelo processo de evaporação da água, enquanto o fogão de 4mm é da direita está iniciando o processo de evaporação. Na figura 4 (B), acontece o mesmo procedimento, tendo uma melhor percepção do fogão com o vidro de 3mm onde o mesmo apresenta muitas gotículas de água.

## Conclusão

O resultado almejado para o experimento foi obtido, de tal maneira que a verificação prática da melhor eficiência perante o vidro de 3 mm, aliada a comprovação teórica pela aplicação da equação de fluxo de calor, favorece a uma economia significativa, na ordem de 50%, no valor final da confecção desta tecnologia. O experimento não foi em todo prejudicado diante das dificuldades inerentes de um projeto de pesquisa PIBIC Ensino Médio, que não conta com taxa de bancada, pelo



# III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE  
E D U C A Ç Ã O

contrário: as dificuldades encontradas pela execução de um trabalho de observação minuciosa causou grande curiosidade para com os demais alunos do Instituto Federal da Paraíba Campus Sousa, de tal maneira estimulando a busca dos estudantes a futuros projetos de pesquisa. A confecção e o trabalho perante esta tecnologia se mostrou bastante instigante e motivador por parte da equipe de projeto, culminando no trabalho de extensão, a ser realizado nas escolas do Município, utilizando o fogão solar como uma ferramenta de educação ambiental.

## Agradecimentos

Agradecemos a vidraçaria União Vidros e ao Super Félix, por nos ajudar na doação dos materiais necessários.

## Referencias bibliográficas

1. ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Atlas solarimétrico de energia:** ano-base 2005
2. CARVALHO, J.G.N. **aspecto socio-ambiental que envolve o uso do fogão solar.** Monografia do curso de engenharia ambiental da Universidade de Tiradentes – UNIT Aracajú 2007
3. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) **Paraíba cidades –Sousa, censo 2010** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=251620>> acessado em 18 julho de 2016
4. INATES. (Instituto Nacional de Tecnologia Social ) **tecnologia social**, Disponível em: <<http://www.inates.org.br/pdf/tecnologiasocial.pdf>> acessado em 10 de agosto de 2016.
5. MOURA, J PINTO, F. FERREIRA, S. **Construção e testes de fogões solares para as comunidades carentes do Rio Grande do Norte – BR, ABQ, Natal, 2007**
6. RODRIGUES I; BARBIERI, J.C **a emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável** revista de administração publica - RJ 2008.
7. SANT'ANNA , M.C.S..NUNES, R.A.TEIXEIRA, O.A SILVA, M. S. DORIA, M. B.. RIFFEL, D. B. ARAÚJO P.M.M. **A Cozinha Escola Experimental Solar.** Jornada Sergipana de Energia. Aracaju, 2009.
8. SILVA, MEDEIROS. M. **controle de posição de uma plataforma plana para captação de radiação solar**, programa de pós graduação em engenharia elétrica e computação, UFRN Natal 2013
9. TIRADENTES, ÁTALO R. **uso da energia solar para geração de eletricidade e para aquecimento de água.** Universidade Federal de Lavros- MG
10. 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.