

## APLICAÇÃO DE UM CONCENTRADOR SOLAR DE SCHEFFLER DE 2,7 m<sup>2</sup> PARA COZIMENTO DE ALIMENTOS

**Tiago Batista Cerqueira** - tiagobhc@gmail.com  
**Jamesson dos Santos** - jamessonjk@hotmail.com  
**Dário Luiz Nicácio Silva** - dnicaciosilva@oi.com.br  
Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

**Resumo.** Apesar do avanço tecnológico e da utilização de fontes energéticas mais eficientes para o ato doméstico de cozinhar, a lenha ainda é a fonte de energia dominante em zonas rurais. Esse fato é ainda mais preocupante na região sertaneja, devido aos impactos como desmatamento e desertificação da caatinga e do cerrado. Por conta das características climáticas do sertão, esta região possui alto potencial para o uso da energia solar. Diante disso, o Concentrador Solar Parabólico de Foco Fixo pode ser uma opção para mitigar os impactos decorrentes da coleta e queima de lenha para cocção, fazendo o uso da energia solar para este propósito. Esta tecnologia, também conhecida como Disco de Scheffler, consiste em um modelo de concentrador solar de foco pontual que possui um mecanismo de acompanhamento do movimento aparente do sol e um mecanismo de ajuste sazonal que permite o foco permanecer fixo. Esta característica possibilita que o receptor (forno) fique sob a sombra, como dentro de uma cozinha, tornando o uso da energia solar para cozimento mais conveniente e prático. O objetivo deste trabalho foi de avaliar o uso de um concentrador de Scheffler de 2,7 m<sup>2</sup> para o cozimento e a analisar a temperatura atingida no ponto focal do refletor. Sendo assim, foram preparadas cinco refeições para o almoço de cinco dias e anotada a temperatura do foco sob um bloco de concreto durante dois dias, aonde foram registradas temperaturas acima dos 500°C. Diante dos resultados ficou evidente o potencial que este concentrador possui para o processo de cocção.

**Palavras-chave:** Cozinha solar, Energia solar, Disco de Scheffler, Tecnologias limpas.

### 1. INTRODUÇÃO

As tecnologias solares são promissoras para um novo cenário mais limpo. O Sol é uma fonte de energia limpa, inesgotável e gratuita que pode ser utilizada facilmente de duas formas, pelo uso passivo ou ativo. O uso passivo é resultado de um planejamento arquitetônico que deslumbra da luz solar para aquecer e iluminar ambientes. O uso ativo é realizado através de dispositivos que otimizem e apliquem a energia solar para finalidades específicas, como na produção de eletricidade por placas fotovoltaicas e energia térmica para gerar vapor, aquecer água e cozinhar por tecnologias termossolares.

Infelizmente, ainda é uma realidade comunidades brasileiras conviverem com a prática rudimentar de cozer alimentos utilizando a lenha, que além de ser nociva a própria saúde humana, por causa da inalação da fumaça, causa diversos problemas ambientais, por exemplo a desertificação, a diminuição da qualidade do ar, a redução da biodiversidade, alterações climáticas, aquecimento global, entre outros.

Acredita-se que seja possível melhorar a qualidade de vida de famílias brasileiras utilizando a luz solar para cozer alimentos por meio de Concentradores Solares Parabólicos de Foco Fixo. Apesar de possuir alto potencial para o aproveitamento da energia solar, especialmente a região sertaneja, muitas famílias brasileiras dependem da lenha coletada da caatinga, tornando a região mais vulnerável ao processo de desertificação.

O Concentrador Solar Parabólico de Foco Fixo, conhecido também como Disco de Scheffler, é uma tecnologia que converge a radiação solar captada por um prato refletor parabólico para um ponto focal, proporcionando nesse ponto temperaturas tão elevadas quanto àquelas obtidas dentro de um forno.

O objetivo deste trabalho consiste na construção de um Concentrador Solar Parabólico de Foco Fixo e de um suporte para panela que foram instalados no IFAL (campus Marechal Deodoro), para experimentos práticos de cozedura e análises de temperatura. Para avaliar a aplicabilidade prática e a potencialidade deste modelo de concentrador foram preparadas refeições com a luz do Sol no horário do almoço durante cinco dias, e foram registradas temperaturas do ponto focal por meio de um termômetro infravermelho durante dois dias, na qual foram registradas temperaturas superiores a 500°C.

#### 1.1. Energia para cozinhar

A respeito do consumo energético, Achão (2003) relata que o setor residencial responde pelo consumo de 35,8% dos combustíveis, utilizados principalmente para a cocção de alimento e aquecimento de água.

O cozimento é o processo físico-químico na qual o alimento sofre a ação do calor com a finalidade mudar a sua textura, aparência ou o seu sabor, para ser mais facilmente digerido e incorporado a outros alimentos. A cocção pode ser definida como o aumento de temperatura dos alimentos com duração suficiente para ocasionar alterações irreversíveis nos alimentos (COENDERS, 1996).

Para a cocção, são empregados vários tipos de combustíveis, “tais como sólidos (carvão vegetal, lenha, carvão mineral), líquidos (querosene), gasosos (GLP, biogás) e energia elétrica”. (SANGA, 2004.p.75). Em 2000, a demanda mundial de GLP era aproximadamente de 200 milhões de toneladas, tendo a sua taxa média de crescimento no consumo em torno de 5% por ano. No entanto o consumo desse combustível é bastante limitado nas áreas rurais devido a falta de infraestrutura para a sua comercialização (SANGA, 2004).

Segundo Ugucione, Machado e Cardoso (2009) um dos principais gases nocivos à saúde humana liberado pela queima do GLP durante o preparo dos alimentos são os óxidos de nitrogênio, que podem prejudicar a função pulmonar. Entretanto, o GLP é considerado mais eficiente e relativamente mais limpos do que os combustíveis sólidos, pois emitem menores quantidades de CO<sub>2</sub> e fuligem à atmosfera (SANGA, 2004.p.76).

Apesar dos avanços tecnológicos a lenha ainda é a fonte de energia que se predomina em zonas rurais (GOLDEMBERG; VILLANUEVA, 2003, p. 56). Para se ter uma noção, cálculos revelam que no ano de 1991 o consumo residencial de lenha no Brasil foi maior que 28 milhões de toneladas, concentrando-se na região Nordeste com quase 39% desse consumo (ACHÃO, 2003).

O consumo da lenha está vinculado a parâmetros como poder aquisitivo e acessibilidade aos combustíveis. Estima-se que em países de baixo poder aquisitivo a biomassa é a principal fonte energética, chegando até a 90% da matriz energética (SANGA, 2004). Visto que a região nordeste concentra o maior número de comunidades rurais e a maior parcela no consumo de biomassa, biomas como o cerrado e a caatinga que são endêmicos do Brasil, ficam vulneráveis às consequências dos desmatamentos para aquisição de lenha (ALMEIDA et al, 2008; IBGE, 2011).

O processo convencional de cocção pela queima de combustíveis sólidos, pode provocar diversos danos, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente, como doenças respiratórias, poluição do ar, desmatamento, erosão do solo, desertificação, redução da biodiversidade, alterações climáticas, aquecimento global, entre outros impactos socioambientais. Outro fator a ponderar sobre a lenha é a sua baixa eficiência energética, que converte apenas 10% da sua energia contida em energia útil (GOLDEMBERG; VILLANUEVA, 2003).

No tocante, a queima da lenha para o preparo de alimento é um dos principais responsáveis por problemas respiratórios no mundo, devido emissão de fumaça e fuligem, que muitas vezes é respirado em ambientes fechados. Como Goldemberg e Villanueva (2003, p. 80) destacam, os “[...] índices de poluição produzidos nas casas e na cozinha representam uma dosagem de particulados equivalente a fumar vários maços de cigarro por dia”.

Portanto, apesar desse tipo de combustível ser de baixo custo para certas comunidades rurais, devem-se buscar métodos para reduzir o seu consumo, como por exemplo, melhorar a acessibilidade de combustíveis mais eficientes e/ou de tecnologias alternativas para essa finalidade doméstica.

Neste sentido, uma inovação tecnológica é a utilização da radiação solar no processo de cocção de alimentos. A energia solar é um recurso limpo, inesgotável, abundante e gratuito que pode ser utilizado para diversas finalidades, tais como para cozer, aquecer água e ambiente, pasteurizar e desinfetar água, produzir vapor, gerar eletricidade, entre outros.

A energia solar que alcança a superfície da Terra concentra-se no espectro de luz visível, raios ultravioletas e infravermelhos, na qual corresponde também como radiação térmica. Estima-se que em dias claros e em algumas horas do dia a irradiância máxima que atinge a superfície terrestre é de 1000 W/m<sup>2</sup>, possuindo assim alto potencial energético (KREITH, 1977; CAMPBELL, 1978). No próximo tópico será abordado uma tecnologia solar inovadora capaz de usufruir deste potencial solar para o cozimento.

## 1.2. Concentrador Solar Parabólico de Foco Pontual Fixo

O Disco Solar de Scheffler é um modelo de concentrador solar parabólico de foco pontual fixo inventado pelo físico austríaco Wolfgang Scheffler na década de 1980 com o propósito de tornar mais eficiente e prático a utilização da energia solar para a cocção de alimentos (OELHER; SCHEFFLER, 1994). Ele foi desenvolvido de forma que pudesse ser facilmente reproduzido em qualquer oficina de soldagem e com materiais disponíveis localmente (SCHEFFLER, 2006a).

A sua geometria, aparentemente elíptica, baseia-se no segmento lateral de uma paráboloide, isto é, de uma parábola em revolução, cortado por um plano paralelo ao zênite, que representa um feixe de luz, como se vê na Figura 1. Nesse caso, a luz solar é refletida lateralmente para o foco, que pode ficar sob um local coberto, como dentro de uma cozinha, por exemplo. O painel refletor deve ficar direcionado para a Linha do Equador (SCHEFFLER, 2006a).

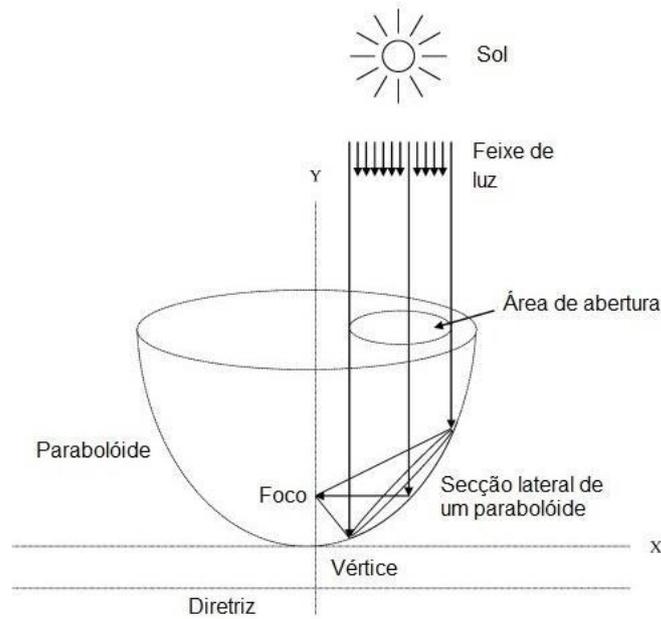


Figura 1 - Parabolóide base para o Refletor Scheffler  
Fonte: MUNIR; HENSEL; SCHEFFLER, 2010.

Seu funcionamento é referente a um eixo paralelo ao eixo X e ao eixo polar terrestre, no qual atravessa simultaneamente o foco do parabolóide e o centro do painel refletor. Assim, o eixo de trabalho do refletor tem declividade idêntica ao do ângulo latitudinal do local ao qual será instalado (MUNIR; HENSEL; SCHEFFLER, 2010).

Uma das novidades presente nesse modelo é o fato dele girar em torno de seu eixo de referência com uma velocidade angular de uma revolução por dia, ou seja, aproximadamente de  $15^\circ$  por hora, isto é, na mesma velocidade de rotação da Terra, mantendo permanentemente o foco fixo. Como o eixo passa através do centro de gravidade do refletor, não é necessária muita força para fazê-lo mover (DIB, 2009).

A outra característica marcante deste concentrador é o fato do painel refletor ser suficientemente flexível para adaptar-se à cada mudança de estação do ano (ajuste sazonal), garantindo a permanência do foco estacionado durante o ano todo. Este ajuste sazonal do refletor é feito facilmente pelo operador, através de duas alavancas. Durante cada ajuste sazonal, tanto a inclinação quanto o formato do painel refletor (fórmula da parábola), são alterados. Isto se deve pela variação de  $23,5^\circ$  da incidência solar em relação à Linha do Equador a cada solstício (Fig. 2) (SCHEFFLER, 2006a).

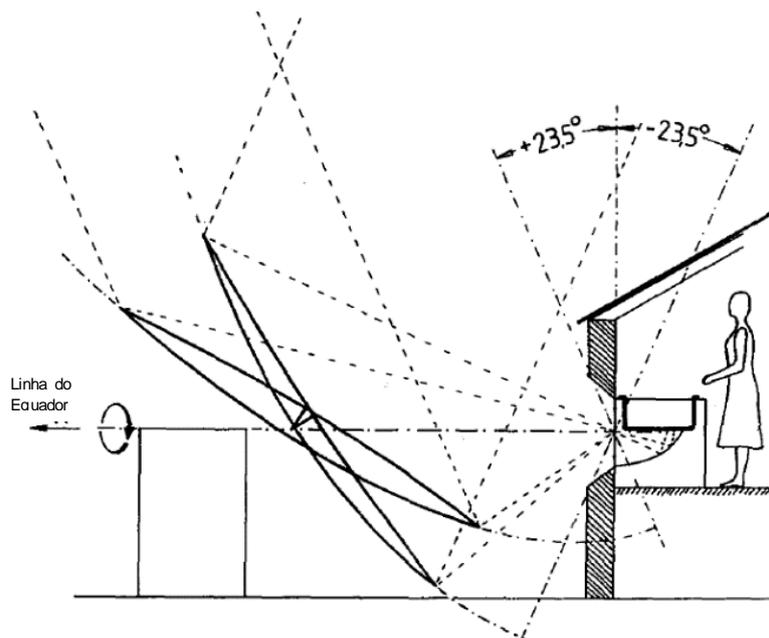


Figura 2 - Ajuste sazonal da parábola  
Fonte: OELHER; SCHEFFLER, 1994.

Estes sofisticados mecanismos – de rotação diária e ajuste sazonal – é o que lhe difere de outros modelos de concentradores e que garante a permanência do ponto focal sempre no local almejado, possibilitando maior eficiência e praticidade para a aplicação da energia concentrada, permitindo inclusive que o foco esteja em um local coberto, como dentro de uma cozinha.

Esta tecnologia está presente principalmente na África e na Ásia e, especialmente, na Índia, onde os Concentradores Scheffler têm sido bastante utilizados para gerar vapor nas cozinhas comunitárias, como é o caso de um centro de Yoga em Abu Road, Rajastan e do templo Tirumala, na cidade indiana sul de Tirupathithat (DELANEY, 2009).

Há uma grande variedade de aplicabilidade para a energia solar concentrada. Um bom exemplo é o projeto de um crematório solar desenvolvido por Wolfgang Scheffler na cidade de Valsad, em Gujarat, na Índia. No seu projeto Scheffler utilizou um refletor de 3,4 m<sup>2</sup> de área efetiva para concentrar luz solar em um crematório especialmente construído para esse concentrador. Dentro do crematório solar a temperatura atingiu a marca de 900°C, provocando a combustão total de 4 kg de carne caprina em apenas 35 minutos, comprovando a eficácia desse concentrador como fonte de calor para um crematório (SCHEFFLER, 2006b).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi construído e instalado no Instituto Federal de Alagoas (campus Marechal Deodoro) um protótipo do Concentrador Solar de Scheffler de 2,7m<sup>2</sup>. Para os ensaios de cozimento foi montado um simples suporte para panela com paredes refratárias para reduzir perdas térmicas por convecção com o ambiente. Por fim, foi analisado o fator de concentração do protótipo e a temperatura no ponto focal do painel refletor.

Como o eixo de rotação do refletor é paralelo ao eixo polar e coincidente com o ângulo de latitude do local, foi fundamental atentar a dois detalhes: um que se refere ao posicionamento do protótipo, que deve ficar direcionado para a Linha do Equador; e outro quanto a precisão da inclinação do eixo de rotação. A Figura 3 mostra o protótipo de Disco de Scheffler construído.

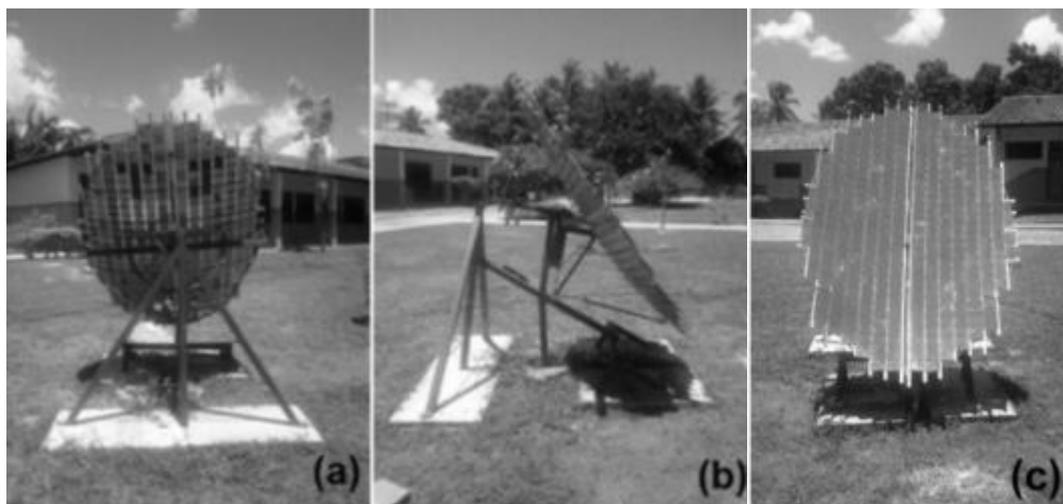


Figura 3 - Visão total do concentrador: (a) Vista traseira; (b) Vista lateral; (c) Vista frontal

Fonte: Autoria própria. 2013.

### 2.1 Cozimento com o Concentrador Solar Parabólico de Foco Fixo

No forno solar o cozimento foi feito convergindo a energia solar diretamente para a parede lateral da panela que ficou posicionado no ponto focal do painel refletor, dispensando assim o uso de um refletor secundário que refletisse a luz para o fundo da panela. Nesta etapa foram utilizadas panelas comuns de alumínio pintado de preto, com o objetivo de se obter maior absorção de radiação eletromagnética.

Apenas para ressaltar, uma vez a panela situada no foco não é necessário remanejá-la do lugar, devido ao painel refletor girar conforme o movimento aparente do sol mantendo o ponto focal constante. No entanto, apesar de ter sido projetado para que o concentrador girasse automaticamente, durante os testes a rotação foi feita manualmente a cada instante em que se via o foco mudando de lugar. Deste modo, falta ainda instalar o sistema de rastreador solar para automatizá-lo.

Os testes de cocção foram realizados durante os dias de 8 a 12 do mês de abril de 2013, com início às 11 horas da manhã. A proposta foi de preparar a refeição para o almoço, por isso os testes foram realizados neste horário e no período de cinco dias, para que houvesse um cardápio variado. A Tab. 1 relaciona as refeições preparadas em cada dia com o tempo gasto no cozimento, assim como a temperatura média de cada dia.

Tabela 1- Refeições preparadas nos testes de cocção

Data	Refeição	Tempo de preparo (Aproximadamente)	Temperatura local (°C)
08/04/2013	Espaguete ao molho de tomate com salsicha	00h25min	30.5
09/04/2013	Estrogonofe de frango com arroz	01h25min	30.0
10/04/2013	Espaguete ao molho de carne moída com requeijão	00h40min	30.0
11/04/2013	Carne de boi cozida com arroz	01h30min	29.6
12/04/2013	Feijão, arroz e bife de boi assado	02h00min	30.2

Basicamente todos os dias foram ensolarados e com pouca nebulosidade, o que foi favorável para a aplicação do fogão solar. Com exceção de segunda feira (08/04) e sexta feira (12/04), em que apareceram algumas nuvens mais densas que obstruíram a passagem de luz solar sobre o concentrador, tornando o cozimento mais lento.

Um fator que interferiu nos resultados do dia 11 e 12 foi o fato da panela de pressão utilizada apresentava problemas na borracha de vedação da tampa, deixando escapar a pressão, até que foi improvisada uma solução para vedar esse vazamento, por conta disso o cozer da carne de boi e do feijão tornaram-se mais demorado.

Apesar de cada alimento ter sido cozido por vez, devido o protótipo de fogão possuir apenas uma “boca”, isto é, um ponto focal, foi possível preparar diferentes refeições e em um relativo curto prazo, apontando ser eficaz a aplicação térmica da energia solar para cocção através deste protótipo. A Figura 4 mostra os alimentos sendo cozidos com a energia solar.



Figura 4 - Cocção dos alimentos: (a) Preparação do estrogonofe; (b) Panela de pressão no ponto focal durante a preparação do feijão; (c) Preparação do macarrão

Fonte: Autoria própria, 2013.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é abordado o fator de concentração deste protótipo de concentrador solar e é analisada a temperatura atingida em um bloco de concreto posicionado no ponto focal do refletor e a temperatura ambiente do local de testes (IFAL- MD).

#### 3.1 Fator de Concentração e Potência Teórica

O painel refletor é o principal componente do protótipo e tem uma área total de 2,7m<sup>2</sup>. Por questão de possíveis imprecisões da superfície refletora, é adequado subtrair 10% de sua área total. O fator de concentração de um concentrador solar é dado pela divisão da área refletora pela a área do foco (Eq. 1).

$$C = A_r / A_f \quad (1)$$

Devido ao ajuste sazonal, a área útil refletora deste modelo depende do seu fator de abertura, que é o percentual da área que receberá os raios solares perpendicularmente e os convergirá para o foco. Para isto, considerando que a mudança do ângulo de incidência solar seja constante durante o ano, é somado 23,50° para o solstício de verão e subtraído 23,50° para o solstício de inverno na equação (Eq. 2).

$$\text{Fator de abertura} = \cos (43,23^\circ \pm \text{Inclinação solar}/2) \quad (2)$$

O valor de  $43,23^\circ$  refere-se à inclinação do plano de abertura da parabólica durante o equinócio (MUNIR; HENSEL; SCHEFFLER, 2010). A área total útil do painel refletor é determinada pela Equação 3.

$$A_u = (2,7 - 10\%) * \text{fator de abertura} \quad (3)$$

A área do foco é determinada pela fórmula que calcula a área de uma circunferência (Eq. 4).

$$A_f = \pi \cdot r^2 \quad (4)$$

Tendo em vista tais premissas e aplicando-os para os dias 15 e 16 de abril de 2013, o fator de abertura foi de 0,77 e a área útil refletora deste protótipo foi de  $1,87\text{m}^2$ . O raio do foco foi de aproximadamente 08 centímetros, portanto a área do foco foi de  $0,02\text{m}^2$ . Diante destes valores, o fator de concentração deste protótipo para os dias 15 e 16 de abril de 2013 foi equivalente a 93,6.

A superfície refletora do concentrador foi coberta com pequenos espelhos planos comuns de 75mm X 100mm. Supondo que a refletância de tais espelhos seja de 80% e considerando os valores dimensionados acima, nos instantes em que a irradiância solar for de  $1.000 \text{ W/m}^2$ , a potência teórica recebida no ponto focal seria de 1.496 W. Estimando uma potência média de  $900 \text{ W/m}^2$  por hora em um dia de céu claro, a energia concentrada no ponto focal entre 10h00 as 14h00 seria de 24.235 KJ.

### 3.2 Análise de Temperatura no Ponto Focal

Nos dias 15 e 16 de abril de 2013, foram realizados experimentos para o monitoramento da curva de aquecimento em um bloco de concreto posicionado no foco do concentrador solar. Para isto foram coletados dados de temperatura ambiente e da temperatura no foco a cada 30 minutos, entre o intervalo de 10h00 às 14h30min. Entre 10h00 e 14h00 os dados foram coletados com o foco de luz sobre o bloco concreto, enquanto o das 14h30min foi feita uma mensuração da temperatura do bloco sem a incidência de luz.

Por conta da dificuldade de encontrar um termômetro que suporte altas temperaturas, para medição da temperatura do bloco de concreto, utilizou-se um termômetro que mede a emissão de raios infravermelhos do corpo avaliado (modelo gm1150a). Como cada substância possui determinada constante de emissividade, o termômetro foi ajustado para operar à taxa de 0,94, que corresponde a emissividade térmica do concreto. Já a temperatura ambiente foi medida com um Medidor Multi-Funções modelo 511A da marca HOMIS. Não foi possível fazer registros de dados de incidência solar por falta de instrumentos que faça tal medição. A Figura 5 mostra a concentração do foco de luz no bloco de concreto.



Figura 5 - Concentração do foco de luz no bloco de concreto  
Fonte: Aatoria Própria, 2013.

Durante as avaliações do dia 15 o tempo se manteve aberto com pouca nebulosidade e temperatura ambiente média de 32,35°C. A Tab. 2 mostra as leituras da temperatura do ponto focal e da temperatura ambiente no ensaio do dia 15 de abril de 2013. A Fig. 6 representa os valores de temperatura ambiente e do foco no bloco de concreto.

Tabela 2 - Valores de temperaturas e de incidência solar (15 de abril de 2013)

Horário Local	Temperatura no Foco (°C)	Temperatura Ambiente (°C)
10:00	411,1	34
10:30	540,7	33,7
11:00	505,3	33,2
11:30	638,6	32,4
12:00	651,3	32,3
12:30	654,8	32
13:00	514,8	32,5
13:30	518,1	31,6
14:00	509,6	31,4
14:30	235	31,1

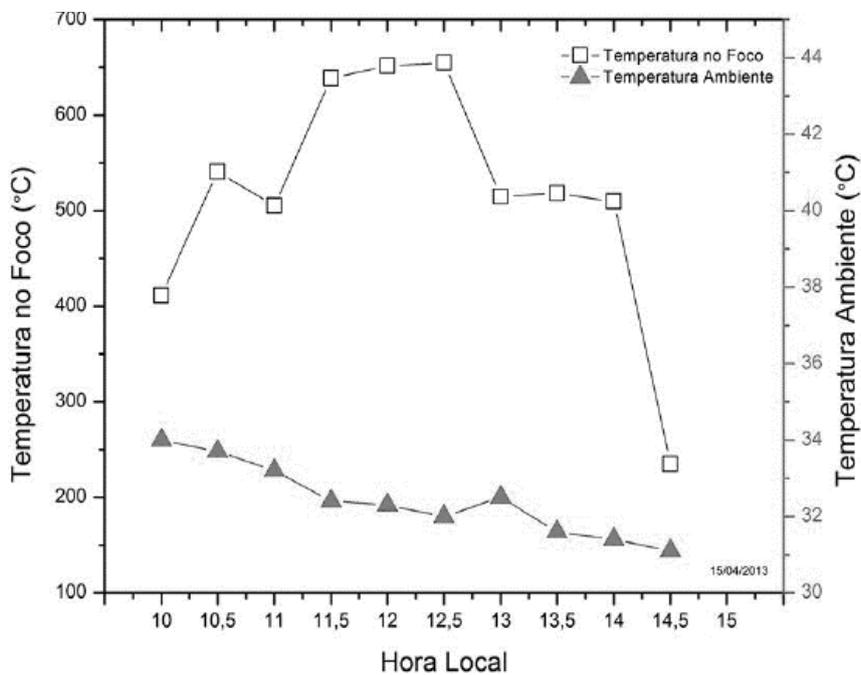


Figura 6 - Temperatura ambiente e do bloco de concreto (15 de abril)

No dia 15 obteve-se o melhor desempenho do concentrador, alcançando em todas as avaliações de até 14h, temperaturas além dos 400°C, ultrapassando inclusive os 600°C entre o intervalo de 11h30min à 12h30min. No final se nota ainda um grande acúmulo de calor sobre o foco no concreto, aonde foi registrado temperatura de 235°C.

No segundo dia de avaliação (16/04), as condições climáticas inverteram substancialmente. Apesar de não ter chovido, foi um dia totalmente nublado e abafado, com temperatura ambiente média de 33,65°C. A Tab. 3 e a Fig. 7 apresentam os valores registrados da temperatura do foco e da temperatura ambiente neste dia.

Tabela 3 - Valores de temperaturas e de incidência solar (16 de abril de 2013)

Horário Local	Temperatura no Foco (°C)	Temperatura Ambiente (°C)
10:00	74	32
10:30	94,1	33,9
11:00	172,4	36,3
11:30	337,6	36,3
12:00	132,6	33,8
12:30	83,2	33,4
13:00	71,6	33,8
13:30	209	33,5
14:00	84,4	32,5
14:30	69,1	31,8

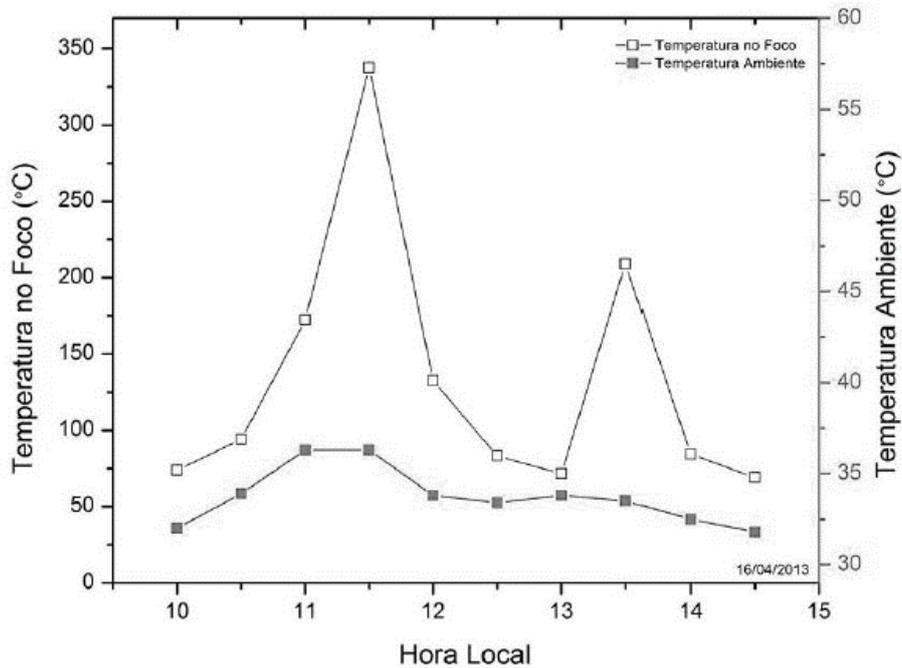


Figura 7 - Temperatura ambiente e do bloco de concreto (16 de abril)

As temperaturas avaliadas no dia 16 sobre o bloco de concreto foram relativamente baixas, ultrapassando os 200°C apenas em dois momentos (11h30min e 13h30min), em que passaram nuvens menos densas entre o Sol e o concentrador.

Analisando os resultados pode-se constatar que as condições climáticas interferem na eficiência do concentrador solar, uma vez que o painel refletor converge apenas a radiação solar direta. A temperatura ambiente não é fator determinante para sua aplicação, uma vez que o dia 16 apresentou ser mais quente que o dia 15. Assim, conclui-se que os dias mais favoráveis para a utilização do concentrador solar, são os dias de céu limpo com nenhuma ou pouca nuvem.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como a energia solar é uma energia inesgotável e gratuita, as tecnologias solares são promissoras para um cenário energético mais limpo e sustentável. Neste trabalho ficou evidenciada a aplicabilidade e a facilidade da utilização do Concentrador Solar Parabólico de Foco Fixo para o processo de cozimento, como também o seu alto potencial energético.

Os materiais para a construção do concentrador e do fogão foram obtidos facilmente, como presumido por Wolfgang Scheffler (2006b). A construção da estrutura desse concentrador solar demonstrou ser relativamente simples. Até o término deste trabalho o rastreador solar não foi instalado ao concentrador, tornando-se tópico para os próximos trabalhos.

Com os resultados avaliados, conclui-se que esse Concentrador Solar de Scheffler tem grande potencial para ser empregado nas cozinhas brasileiras, principalmente em regiões que ainda utilizam a lenha para a prática de cocção. Embora o concentrador converja apenas radiação solar direta, existe a possibilidade de usar a energia solar em outros momentos por meio de fornos com sistemas de armazenamento térmico.

Estender esta tecnologia para as comunidades remotas, especialmente da região nordestina, pode ser vista como uma prática de sustentabilidade. Como essa região possui condições climáticas favoráveis, a aplicação dos concentradores solares de foco fixo representaria uma diminuição do consumo e dependência de lenha em comunidades mais isoladas, resguardando assim os biomas da caatinga e do cerrado. Além de poder contribuir com a geração de renda local.

Não obstante, visto as altas temperaturas que o concentrador pode alcançar, a sua utilização pode ser viável em atividades econômicas, como em pousadas, restaurantes e lavanderias. A energia concentrada pode ser aplicada, também, para aquecer fornos de pintura eletrostática, casas de farinha, estufas, autoclaves, fomalhas industriais, inclusive para gerar vapor como força motriz para geradores elétricos.

Apesar dos benefícios e aplicabilidades do Concentrador Solar Parabólico de Foco Fixo, atualmente, esta tecnologia é pouco difundida no Brasil. Espera-se que a produção deste trabalho torne o concentrador solar de Scheffler mais difundidos pelo Brasil, e que também possa auxiliar na construção de outros protótipos deste modelo.

## REFERÊNCIAS

- ACHÃO, C. da C. L. **Análise da Estrutura de Consumo de Energia pelo Setor Residencial Brasileiro**. 2003. Dissertação (Mestrado Em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal Do Rio De Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.
- ALMEIDA, I. C. de S.; et al. **Efeitos e Reflexos da Caatinga como Recurso Energético em Junco do Seridó** – PB. 2008. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2008/anais/arquivos/INIC/INIC1042\\_01\\_O.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivos/INIC/INIC1042_01_O.pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2013
- CAMPBELL, S. **Construa o seu Aquecedor Solar**. Portugal: Publicações Europa-América, 1978.
- CERQUEIRA, T. B.; SANTOS, J. dos. **Construção e aplicação de um concentrador solar parabólico de foco fixo para cocção**. 2013. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão Ambiental, Instituto Federal de Alagoas - IFAL, Marechal Deodoro/ AL, 2013.
- COENDERS, A. **Química Culinária**. Acribia, Zaragoza. 1996. 290p.
- DELANEY, D. **Notas sobre Scheffler: Cozinhas Comunitárias**. 2009. Disponível em: <<http://davidmdelaney.com/scheffler-precis/scheffler-precis.html>>. Acesso em: 21 jan. 2013.
- DIB, E. A. **Projeto e Construção de um Concentrador Solar de Foco Fixo utilizado para o aquecimento de um forno**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes. Aracaju, 2009.
- GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L. D. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 2ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011.
- KREITH, F. **Princípios da Transmissão de Calor**. Tradução: Eitaro Yamane, Otávio de Mattos Silveiras, Virgílio Rodrigues Lopes de Oliveira. São Paulo; Edgard Blücher, 1977.
- MUNIR, A.; HENSEL, O.; SCHEFFLER, W. Design principle and calculations of a Scheffler fixed focus concentrator for medium temperature applications. **Solar Energy**, v. 84, n. 8, p. 1490-1502, 2010.
- OELHER, U.; SCHEFFLER, W. The use of indigenous materials for solar conversion. **Solar energy materials and solar cells**, v. 33, n. 3, p. 379-387, 1994.
- SANGA, G. A. **Avaliação de impactos de tecnologias limpas e substituição de combustíveis para cocção em residências urbanas na Tanzânia**. 2004. Dissertação (Mestrado Em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.
- SCHEFFLER, W. Develop of a Solar Crematorium. **SCIS international solar cooker conference**, 21, 2006. Granada-Spain, 2006. Disponível em: <[http://www.solarebruecke.org/infoartikel/Papers\\_%20from\\_SCI\\_Conference\\_2006/22\\_wolfgang\\_scheffler.pdf](http://www.solarebruecke.org/infoartikel/Papers_%20from_SCI_Conference_2006/22_wolfgang_scheffler.pdf)>. Acesso em: 4 jan. 2013.
- SCHEFFLER, W. **Introduction to the Revolutionary Design of Scheffler Reflectors**, 2006. Disponível em: <[http://images3.wikia.nocookie.net/\\_\\_cb20080309213912/solarcooking/images/e/e1/Granada06a\\_Wolfgang\\_Scheffler.pdf](http://images3.wikia.nocookie.net/__cb20080309213912/solarcooking/images/e/e1/Granada06a_Wolfgang_Scheffler.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2012
- UGUÇIONE, C.; MACHADO, C. M. D.; CARDOSO, A. A. Avaliação de NO2 na Atmosfera de Ambientes Externos e Internos na Cidade de Araraquara, São Paulo. **Química Nova**, Vol. 32, nº 7, p. 1829-1833. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n7/27.pdf>>. Acesso em: 29 jan.2013.

## APPLICATION OF A 2.7 m<sup>2</sup> SCHEFFLER SOLAR CONCENTRATOR FOR FOOD COOKING

**Abstract:** *Despite the technological advancement and the use of more efficient energy sources for the domestic cooking act, firewood is still the dominant energy source in rural areas. This fact is even more worrisome in the rural region, due to the impacts such as deforestation and desertification of the caatinga and cerrado. Due to the climatic characteristics of the hinterland, this region has high potential for the use of solar energy. Therefore, the Parabolic Fixed Focus Solar Concentrator may be an option to mitigate the impacts arising from the collection and burning of wood for cooking, making use of solar energy for this purpose. This technology, also known as Scheffler's Disc, consists of a focal point solar concentrator model that has a tracking mechanism for the apparent motion of the sun and a seasonal adjustment mechanism that allows the focus to remain fixed. This feature enables the receiver (oven) to be under the shade, such as inside a kitchen, making the use of solar energy for cooking more convenient and practical. The objective of this work was to evaluate the use of a Scheffler concentrator of 2.7 m<sup>2</sup> for baking and to analyze the temperature reached at the focal point of the reflector. Thus, five meals were prepared for the five-day lunch and the temperature of the focus was recorded under a concrete block for two days, where temperatures above 500 °C were recorded. In view of the results, the potential of this concentrator for the cooking process was evident.*

**Keywords:** *Solar cooker, Solar energy, Scheffler Dish, Clean technologies.*