



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Avaliação Térmica de Concentrador Solar de Foco Fixo e Fogão Solar Aplicados ao Cozimento de Alimentos

Alan de Jesus Santos¹; Diego Lopes Coriolano²; Iraí Tadeu Ferreira de Resende³; Vanina Cardoso Viana Andrade⁴

¹ Instituto Federal de Sergipe – Campus Lagarto, Coordenadoria de Eletromecânica – alanjesussantos88@gmail.com

^{2,3} Instituto Federal de Sergipe – Campus Lagarto, Coordenadoria de Curso Superior em Tecnologia em Automação Industrial – diegocoriolano@yahoo.com.br

⁴ Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju, Coordenadoria de Segurança do Trabalho Eletromecânica – vaninaviana@hotmail.com

RESUMO

Atualmente existe uma grande necessidade de se obter novas alternativas de geração de energia, já que a geradora predominante no país, hidroelétricas, está com graves problemas de geração, pois a falta de água está afetando nosso dia a dia, e conseqüentemente comprometendo a geração. Nesse contexto, o Brasil necessita de novas fontes geradoras e a energia solar pode ser uma solução, por ser limpa e renovável. Este trabalho consiste na montagem e aplicação de um protótipo de baixo custo de um concentrador solar de foco fixo e de um forno solar. Para a construção do concentrador utilizou-se uma antena tipo parabólica de 90 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade com 401 espelhos, de dimensões 4 x 4 cm, colados na superfície da antena, já o fogão solar foi construído em caixas de papelão de 47 x 35 cm e 30 x 41cm pintadas em preto e revestidas internamente com papel alumínio, isoladas termicamente, e um vidro na parte superior para ganho de calor com o efeito estufa. A finalidade de artigo é analisar o cozimento de alimentos com o concentrador solar, para demonstrar uma das suas aplicações, e com o fogão solar. O concentrador atingiu temperatura máxima de 187 °C na panela de metal e o fogão solar atingiu temperatura de 78 °C para cozimento de alimentos. Ambos os protótipos projetados mostraram eficientes para o cozimento de alimentos, podendo ser uma alternativa viável.

Concentrador solar foco fixo, Fogão solar, Eficiência Energética, Energia solar.

1. INTRODUÇÃO

O insumo que possibilitou todo o desenvolvimento da sociedade ao estágio em que ela se encontra hoje é a energia. No entanto, esta relação de dependência, sociedade-energia, traz grandes preocupações quanto ao futuro da humanidade de acordo com Silva [2012]. Devido a recentes crises hídricas, a produção de energia através de hidroelétricas está sendo prejudicada, sendo necessária a busca por outras fontes de energias. Dentro elas, as fontes de energias renováveis, como a solar, vêm sendo matéria

de pesquisas importantes, devido a possibilidade de complementar o fornecimento de eletricidade em uma região. A energia proveniente do sol pode ser utilizada diretamente para aquecimento de ambientes, aquecimento de água e para produção de eletricidade, com possibilidade de reduzir em até 70% o consumo de energia convencional [PACHECO, 2006].

A obtenção da energia solar pode ocorrer de forma indireta ou direta. Uma das utilizações da energia solar na forma direta é o uso de painéis fotovoltaicos para a produção

www.conepetro.com.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

de energia elétrica. Já na forma indireta, é possível a utilização de espelhos para refletir a radiação solar com a finalidade de se aquecer fluidos em reservatório, fundir metais, cocção de alimentos, entre outras.

Para a utilização da energia solar na forma indireta, utiliza-se o concentrador solar de foco fixo. O concentrador consiste em um objeto capaz de obter o máximo possível de calor no foco, podendo ser destinado no preparo de alimentos.

Outro objeto utilizado no preparo de alimentos é o fogão solar, que utiliza o sol como fonte de funcionamento, gerando economia, devido a não utilização de gás de cozinha ou lenha, eliminando a quantidade de agentes poluidores no meio ambiente, sendo de fácil montagem. [RUIVO, 2015; COELHO, 2015].

O objetivo do artigo é apresentar aplicação para o concentrador solar de foco fixo e do fogão solar como tecnologia alternativa no preparo de alimentos e concomitantemente difundir essas tecnologias, em substituição ao uso de energias convencionais.

2. METODOLOGIA

2.1. Concentrador solar parabólico

Nos experimentos realizados foi utilizado um concentrador solar de foco fixo

montado na base de uma antena parabólica tipo de televisão, com 90 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade, projetado um sistema de suporte regulável na altura e direção para melhor ajuste do foco, visando aproveitamento da máxima incidência solar. Na superfície do concentrador, foram utilizados 401 espelhos de área 16 cm² cada, fixados com cola de silicone própria para espelhos, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1: Confecção do concentrador solar.

A Figura 2 demonstra o efeito sofrido pelos raios solares em um concentrador solar parabólico, em que os raios solares que incidem na superfície concentram-se em um único ponto, chamado de foco.

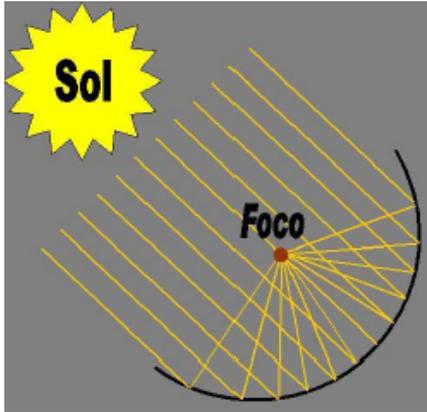


Figura 2. Foco em um concentrador solar parabólico. (Da Silva, 2015)

2.2. Fogão solar tipo caixa

O fogão solar escolhido para os experimentos foi o tipo caixa, onde foi levado em consideração o baixo custo de montagem, sendo os materiais de fácil aquisição e tendo ainda como finalidade a possibilidade do seu uso por famílias de baixa renda, como tecnologia social.

Para a montagem do fogão foram utilizadas duas caixas de papelão de tamanhos diferentes, de forma que uma caixa posicionasse dentro da outra com folga de 2 cm entre as caixas, isopor para realizar o isolamento entre as caixas, um pedaço de papelão maior que a caixa grande, com o intuito de fazer a tampa para refletir os raios solares para dentro do forno e melhorar a eficiência energética, um vidro cortado com tamanho da caixa menor, para garantir o ganho de calor através do efeito estufa, uma chapa de metal de metal

preta, para absorver a energia solar e papel alumínio para cobrir a tampa e a parte interna do forno solar, apresentado na Figura 3.



Figura 3: Fogão solar projetado

2.3. Instrumentação e aquisição de dados

A medição da temperatura da água nos recipientes foi feita por um sensor de temperatura tipo K conectado ao multímetro modelo *Hiraki HM-2010*. Os dados foram coletados manualmente e anotados com intervalo de 15 em 15 minutos, durante os experimentos. Para medição da temperatura ambiente utilizou-se o sensor de temperatura LM35 conectado à plataforma Arduino. Foi utilizado o *software* PLX-DAQ da *Parallax* em conjunto com o Excel para criação dos gráficos de temperatura em tempo real.

2.3.1 Plataforma Arduino

A plataforma Arduino consiste de hardware (placa controladora) e software (ambiente de desenvolvimento) livres foi criado em 2005 na Itália, estima-se que desde a sua criação o Arduino já vendeu mais de 150.000 placas oficiais e estima-se que o número de placas não oficiais vendidas, seja por volta de 500 mil em todo mundo [MCROBERTS, 2011].

Existem diversas placas de Arduino no mercado apresentando características que a diferem uma das outras, como por exemplo: *clock*, memórias, pinos de entrada e saída, entre outras. A principal característica das placas em todas as versões é a flexibilidade e o custo relativamente baixo. [ARDUINO, 2015]

A placa utilizada neste artigo é a versão Arduino UNO que faz uso do microcontrolador ATmega328, possui 14 pinos digitais de entrada/saída, destes 6 pinos podem ser utilizados como saídas PWM (Modulação por Largura de Pulso), 6 são entradas analógicas (que podem ser utilizados de saída digital), um cristal oscilador de 16 MHz, uma conexão USB, pinos de alimentação e um botão de reset, conforme apresenta a Figura 4 [ARDUINO, 2015].

O software trata-se de uma linguagem de programação para desenvolvimento do software do microcontrolador e do

gerenciador de inicialização (bootloader) que é executado na placa.

2.3.2 Sensores de temperatura

Foram utilizados dois sensores de temperatura para cada finalidade. Com o intuito de verificar a temperatura da água aquecida utilizou o termopar tipo K e para aferir a temperatura ambiente foi feito o uso do LM35, visto que a mesma influencia na temperatura inicial das amostras.

O Termopar tipo K é o sensor de temperatura mais utilizado na indústria, pelo fato de apresentar uma excelente resistência à oxidação em alta temperatura e à corrosão em baixas temperaturas. Entre as principais características, destaca-se o alto range de 0 a 1.260 °C, a força eletromotriz compreende faixa entre 0 a 50,990 mV com resolução de 40,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ podendo ser utilizado em atmosferas inertes e oxidantes. [PIROMÉTRICA, 2015].

O sensor de temperatura LM35 é fabricado pela *National Semiconductor* e apresenta uma saída com tensão linear relativo à temperatura com resolução de 10mV/ °C. A alimentação pode ser entre 4 a 20 V em tensão contínua. A faixa de temperatura que o sensor opera é de -55 a 150 °C e não necessita de qualquer circuito externo para fornecer a saída com exatidão. O sensor utilizado foi com o encapsulamento

mais comum do tipo TO-92 e oferece ótimo custo benéfico.



Figura 4: Pinagem do Arduino UNO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Concentrador Solar de Foco Fixo

Foram realizados experimentos no Instituto Federal de Sergipe para obtenção de resultados para comprovação de eficiência do concentrador solar. O primeiro experimento utilizou-se ovos (29/01/2016), o segundo camarão (05/02/2016), o terceiro peixe (20/05/2016), e no quarto frango (20/05/2016) todos com manteiga na frigideira para melhorar o preparo; ambos os experimentos realizados no entre 11h30minh e 13h00min.

Souza et al. [2010] utilizaram uma antena tipo parabólica de 60 cm de diâmetro com o objetivo de verificar a ebulição da água aplicada ao foco do concentrador solar, a temperatura máxima atingida na panela foi de 123 °C e a temperatura da água 78 °C. A

segunda etapa do trabalho foi aumentar a eficiência térmica do projeto, para isso foi acoplada outro concentrador de 60cm de diâmetro e a temperatura máxima foi 200 °C na panela e a água atingiu 100 °C, comprovando ser eficiente o protótipo construído.

Experimento 1: Ovos.

A estrutura do concentrador foi montada e logo após começou o preparar do ovo que foi exposto ao foco do concentrador, conforme Figura 5. A escolha do ovo, como primeiro alimento, foi pelo fato de ser um alimento de fácil preparo, para verificar a eficiência do concentrador projetado. O experimento iniciou-se com a temperatura ambiente de 30 °C verificou-se que o foco gerado pelo concentrador estava sendo suficiente, porém um problema naquele dia foram as nuvens. A temperatura máxima na frigideira foi de 117 °C e o experimento teve duração de 31 min.



Figura 5. Frigideira, com ovo, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

Experimento 2: Camarão.

Os camarões foram colocados na frigideira e exposto ao foco do concentrador. A temperatura ambiente média no local foi de 31 °C, a temperatura máxima da frigideira, sem os camarões, foi de 182 °C (Figura 6). Apenar de céu nublado e algumas nuvens a temperatura máxima na frigideira, com os camarões, foi de 162 °C e após 25 min os camarões estavam prontos.



Figura 6. Frigideira, com camarão, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

Experimento 3: Peixe

O clima no dia estava favorável, céu limbo, com temperatura ambiente média de 34 °C e céu ensolarado com poucas nuvens. Os filés de peixe foram colocados na frigideira com manteiga (Figura 7), no início do experimento a temperatura era de 42,4 °C,

após 2 min exposto ao sol a frigideira apresentava uma temperatura de 102,3 °C e atingiu a temperatura máxima de 150 °C, após 6 min. O experimento apresentou êxito e em 26 min o peixe estava cozido.



Figura 7. Frigideira, com peixe, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

Experimento 4: Frango

O frango foi colocado na frigideira, untada com manteiga, e colocado no foco do concentrador solar. A temperatura média ambiente no local do experimento era de 34 °C. A temperatura máxima na frigideira foi de 166 °C e assim se manteve estável até que conseguimos fritar o frango, conforme apresenta a Figura 8. O cozimento teve duração de 31 min apresentou textura e sabor conforme os padrões.

Após a realização dos experimentos, verificou-se que o concentrador solar se mostrou eficiente para o preparo de alimentos, comprovando uma das suas aplicações de

conversão de energia. O custo de fabricação do fogão foi de, aproximadamente, R\$120.



Figura 8. Frigideira, com frango, colocada no foco do concentrador solar e o multímetro fazendo a leitura da temperatura na panela.

3.2. Fogão solar

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Sergipe no dia 27/05/2016. Visando melhor análise dos dados coletados de temperatura interna do fogão, com o multímetro, foi aferida a temperatura ambiente com o sistema de aquisição de dados de baixo custo, utilizando o sensor LM35 e a plataforma arduino. A Figura 9 apresenta o fogão solar, a temperatura instantânea no interior do fogão era 78 °C.

A Figura 10 indica a temperatura interna do fogão solar e a temperatura ambiente. Utilizou-se duas panelas, a primeira com arroz integral e a segunda com carne moída com legumes. Para o cozimento dos alimentos

foi necessário um tempo de exposição ao sol de 3 h e 20 min. Percebe-se que a temperatura interna do fogão cresceu nos primeiros 90 minutos e, praticamente, manteve-se estável em 78 °C. Já a temperatura ambiente, houve uma variação entre o valor máximo e mínimo de 4 °C e apresentou uma média de 33,2 °C durante o experimento. Moura [2007] utilizou um forno solar tipo caixa, visando o preparo de pizza pré-cozida, e atingiu temperatura máxima de 71 °C com temperatura ambiente de 32 °C com tempo de preparo de 1h e 09min.



Figura 9: Fogão solar para cozimento de alimentos.



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

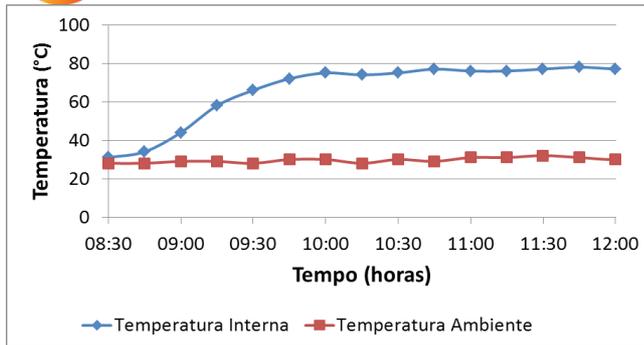


Figura 10: Temperatura interna do fogão solar e temperatura ambiente

Os alimentos foram cozidos e apresentaram textura e sabor, conforme os padrões.

4. CONCLUSÕES

Com base na discussão, é notória a eficácia do concentrador solar como fonte alternativa de energia.

Os meios existentes de obtenção elétrica são sem dúvidas fontes eficazes de energia. Contudo, são esgotáveis, como é o caso da energia nuclear para geração de eletricidade e do gás natural para o abastecimento de fogões convencionais. Outro fator que se deve levar em consideração é o custo benefícios das formas de obtenção. As fontes atuais apesar de serem utilizadas a muito tempo têm ficado cada vez mais caras por conta da escassez de seus combustíveis com a água e outros minerais. Nesse quesito o concentrador se mostrou, mais uma vez, como sendo uma opção bastante eficaz, uma vez que o único combustível para o seu funcionamento é o sol.

Desse modo, percebe-se a importância da construção e desenvolvimento de protótipos eficientes para aplicações diversas. Estas fontes de energia se mostram como sendo uma alternativa de substituição de outras fontes que são poluentes ou prejudiciais ao meio ambiente. Além disso, os testes mostram que o concentrador solar é uma promissora fonte de calor para aquecimento de alimentos e por isso devem-se desenvolver tecnologias derivadas do mesmo para que seja possível a substituição de fontes poluentes ou consumidoras de energia para o mesmo fim.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à PETROBRAS, que através do convênio com o Instituto Federal de Sergipe, forneceu verba para a aquisição dos materiais e bolsa para os pesquisadores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ª ed. – Brasília: Aneel, 2008.

ARDUINO. **Arduino (Online)**. 2015. Disponível em <<http://www.arduino.cc/>>. Acesso em 24 mai. 2018.

Bianchini, H. M. **Avaliação Comparativa de Sistemas de Energia Solar Térmica**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. 71p.

DE CERQUEIRA, W. **Energia Solar**, 2009. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/energia-solar.htm>>. Acesso em 08 ago. 2015.

DIB, E. A. **Projeto e construção de um concentrador solar de foco fixo utilizado para o aquecimento de um forno**. Aracaju: UNIT, 2009. 166 p.

MCROBERTS, M. **Arduino básico** / Michael McRoberts; [tradução Rafael Zanolli]. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MOURA, J. P. **Construção e Avaliação Térmica de um Fogão Solar Tipo Caixa**. Natal: UFRN, 297. 209 p.

NUNES, A. **Quanta energia um painel solar gera**. 2015. Disponível em: <http://www.ehow.com.br/quanta-energia-painel-solar-gera-sobre_58468/>. Acesso em 04 ago. 2015.

PIROMÉTRICA, **Termopares**. Disponível em: <<http://www.pirometrica.com.br/paginas/p>

rodutos/termopar/termopares.html> Acesso em 24 mai. 2016.

SOUZA FILHO, J. R. **Projeto, Construção e Levantamento de Desempenho de um Concentrador Solar Cilindro Parabólico com Mecanismo Automático de Rastreamento Solar**. Natal: UFRN, 2008. 91p.

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.

TIRADENTES, A. A. R. **Uso da Energia Solar para Geração de Eletricidade e para Aquecimento de Água**. Lagras: UFLA, 2007. 54p.