



Desenvolvimento de um Protótipo para o Posicionamento de um Forno Solar Parabólico.

Augusto Lima, Beatriz Aleluia, Italo Ferreira, Justino de Medeiros, Lorena Senra, Lúcio Nonato

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA. e-mail: renato_abr@hotmail.com, justino@ifba.edu.br, andreabitencourt@ifba.edu.br.

Resumo: O projeto de desenvolvimento do protótipo para o posicionamento de um forno solar parabólico é uma das etapas de um projeto interdisciplinar que visa a difusão de conhecimento em diversas áreas, dentre elas a de desenvolvimento de tecnologias em energias limpas, área que tornou-se fonte essencial para a melhoria de vida e possibilita a eficiência na utilização dos recursos naturais. Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo adaptado para melhor aproveitamento da energia solar e com utilização de materiais e dispositivos reciclados com a tentativa de atender a uma realidade atual, redução do consumo e preservação do meio ambiente. Para tanto, realizou-se a revisão bibliográfica sobre o rastreamento da posição do sol em relação à Terra durante o ano, podendo desta forma construir um equipamento que obtenha a máxima eficiência no aproveitamento da energia solar para o aquecimento, bem como, a utilização do protótipo como ferramenta didática de baixo custo para os cursos técnicos do Instituto Federal da Bahia, difundindo durante a utilização do mesmo os conhecimentos teóricos e práticos da automação, conceitos de interdisciplinaridade e sustentabilidade. A pesquisa consistiu em abordagens sobre astronomia e testes quanto ao funcionamento da estrutura mediante a posição do sol. Utilizando uma estrutura mecânica rígida foi possível garantir um correto monitoramento e segurança afim de garantir estabilidade das peças visando uma melhoria ao controle.

Palavras-chave: energia renovável, forno solar, mecânica, posicionamento

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as pesquisas em energias renováveis são prioridades nos grandes centros de pesquisa, a motivação principal para isto é o constante aumento do consumo mundial, a grande dependência de combustíveis fósseis e a necessidade da substituição dessa matriz energética. Desde a antiguidade é possível perceber o interesse de novas fontes de obtenção de energia. Atualmente, devido às consequências negativas do uso de combustíveis fósseis, tem crescido a demanda por energias limpas que possam substituir as atuais fontes. Neste contexto, a ideia de se utilizar a radiação solar como fonte de energia com suas diversas vantagens potencializa a construção deste protótipo.

Através da radiação solar é possível obter uma potência de 1500 quatrilhões ($1,5 \times 10^{18}$) de quilowatts-hora (MEUREN, 2004), valor superior ao do consumo da população mundial. Dentre todas as formas de aproveitamento da energia solar, a mais utilizada no planeta se destina ao aquecimento de superfícies. Este efeito, que ocorre com a simples presença de luz solar, é de fundamental importância para a dinâmica dos processos na superfície terrestre acontece através da irradiação. De acordo com Ramalho, irradiação ou radiação pode ser entendida como “a transmissão de energia por meio de ondas eletromagnéticas” e acontece sem a necessidade de um meio material, visto que “o transporte é exclusivamente de energia, sob forma de ondas”.

Uma vez que a radiação solar atinge o planeta, passa a possibilitar, também, dois outros tipos de fluxo de calor: a condução, em que há transmissão de energia calorífera através de um corpo sem que haja transporte de seus átomos; e a convecção, que “consiste no transporte de energia térmica de uma região para outra, por meio do transporte de matéria, o que só pode ocorrer nos fluidos (líquidos e gases)” (RAMALHO, 2010).

Neste contexto um equipamento de grande utilidade é o forno solar, que mesmo apresentando diversos modelos, tem como princípio básico aquecer corpos, tendo como fonte de



energia o sol. Os três princípios de fluxo de calor já citados, podem ser aplicados em fornos solares, inclusive combinados, o que garante a versatilidade deste equipamento.

Para este projeto foi construído um forno solar parabólico revestido com uma película espelhada. Este tipo de forno sofre grandes alterações na eficiência com a variação de luminosidade e de posição do sol, em compensação são mais rápidos, permitindo altas temperaturas capazes de provocar a mudança do estado físico da matéria.

O Brasil apresenta características geográficas bastante favoráveis à utilização do forno solar, estima-se que a cada metro quadrado de solo, irradia-se 1500 *quillowatts-hora* de energia por ano, de acordo com (MEUREN, 2004). O sol realiza dois tipos de movimentos em relação a Terra: o anual (norte-sul) e o diário (leste-oeste). O forno solar deste projeto foi construído de forma a ser ajustado com a posição do sol, buscando o movimento linear entre o sol e o forno para aumentar a sua eficiência.

Assim, uma vez potencializada a absorção da irradiação solar, obtém-se uma fonte de energia alternativa extremamente viável, tanto do ponto de vista sustentável quanto do financeiro.

O correto posicionamento do forno solar exige uma estrutura própria normalmente utilizada no posicionamento de painéis fotovoltaicos. Com relação aos fornos solares, o posicionamento é praticamente manual e impreciso, o que será solucionado com a implementação de um sistema de controle automático para o posicionamento do foco do forno solar após a finalização da construção do protótipo.

2. Materiais e Métodos

A construção e montagem do protótipo desenvolvido no campus Salvador do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), priorizou em todo o processo de desenvolvimento, a reutilização de peças em desuso e sucata de componentes mecânicos.

Para a construção de um equipamento funcional para o rastreamento do sol e posicionamento do forno solar parabólico, a primeira etapa foi a revisão bibliográfica. Permitindo o conhecimento dos dois tipos de movimentos que o sol realiza em relação à Terra (anual e diário); a falta de controle automático de posição de fornos solares e a impossibilidade de utilização do mesmo sistema de posicionamento de painéis fotovoltaicos.

O planejamento inicial do sistema mecânico do protótipo consistiu na projeção de soluções para os movimentos: diário, realizado no sentido Leste – Oeste; e o movimento anual, realizado no sentido Norte – Sul, como indicado na figura 1. Optou-se pelo controle automático do movimento diário, devido a sua velocidade superior a do movimento anual, que por sua vez recebeu o controle manual. Sendo assim o equipamento teria que ser capaz de permitir e realizar, respectivamente, o movimento angular do forno em duas direções, em torno do eixo de acoplamento do forno, e em relação a um ponto fixo ao qual o eixo do forno estaria acoplado. Além disso, é necessário que o elemento sensor, responsável pelo rastreamento do sol no sentido Leste-Oeste, consiga acompanhar a inclinação do forno, para um melhor controle.



Fig.1: Direção dos movimentos angulares realizados pelo equipamento.



Uma vez definido os tipos de controle, as movimentações e os elementos que as realizariam, partiu-se para uma segunda etapa do projeto: pesquisa e teste de estruturas mecânicas que correspondessem às soluções encontradas na etapa anterior e que, de preferência, pudessem ser reutilizadas.

A estrutura responsável por realizar o movimento angular em relação a um ponto fixo ao qual o eixo do forno está acoplado corresponde a duas hastes verticais, posicionadas paralelamente, de igual altura e sustentando uma mesma haste horizontal, que ao ter a altura de apenas uma das hastes verticais alterada, conseguia gerar uma movimentação angular na haste horizontal. Para tanto foi utilizado a fração regulável de um suporte mecânico (altura mínima 44cm, altura máxima 75cm) de alumínio e um tubo de aço-carbono (70cm), de acordo com a figura 2.



Fig. 2: Hastes verticais com juntas universais sobre a base.

O movimento angular do forno em torno do eixo a que está atrelado é obtido através da implantação de mancais de rolamento de aço-carbono, amplamente utilizados em máquinas e estruturas que necessitem fazer giros, tais como: bombas centrífugas, eixos de veículos automotivos, turbinas, entre outros. Os mancais de rolamento possibilitam movimentos circulares em quaisquer sentidos, para uma mesma direção, com baixo atrito e grande resistência mecânica. Medindo 3,5cm de diâmetro o mancal de rolamento também faz parte do sistema de transmissão do movimento do atuador ao eixo do forno (haste horizontal).



Fig.3: Mancal de rolamento. (Dos autores).

A estrutura responsável pela realização dos dois movimentos angulares necessários ao equipamento, visto que, sozinhos, a realização de um movimento inviabilizaria totalmente a realização do outro. Acoplou-se entre a haste horizontal e a haste do mancal de rolamento uma junta universal de 11cm de comprimento (uma para cada extremidade). A junta universal, indicada na figura 4, é um acessório capaz de transmitir o movimento de um eixo a outro, mesmo que em direções diferentes e sem modificar o sentido do giro. Como a haste do mancal não tinha a espessura necessária para ser acoplada a junta foi feita uma bucha de aço-carbono.



Fig. 4: Junta universal.

Uma vez determinadas as estruturas necessárias ao correto posicionamento do forno, partiu-se para a terceira etapa: pesquisa e teste de atuador para movimentos angulares e sistema de transmissão de movimento.

O atuador utilizado foi um motor BOSCH, CHP 12VCC, visualizado na figura 5, de vidros elétricos de veículos automotivos. Este motor possui torque máximo de 38N/m, capaz de movimentar o forno solar juntamente com o seu eixo horizontal e os demais elementos que serão sobrepostos ao forno para o aquecimento.



Fig.5: Motor BOSCH CPH

Para a transmissão do movimento do motor para o eixo do forno, optou-se por um sistema de coroa, corrente e pinhão de bicicletas, capaz de transmitir o torque empregado pelo motor reduzindo a velocidade. A coroa da bicicleta, com 48 dentes, foi ligada ao eixo do forno, intermediada pelos mancais de rolamento, enquanto que o pinhão, com 13 dentes, foi ligado diretamente ao eixo do motor. A transmissão de movimento foi realizada pela corrente, com uma relação de redução de velocidade de 3,7 voltas do pinhão para 1 volta da coroa.

O conjunto, motor e transmissão de movimento, pode ser melhor visualizado na figura 6.



Fig.6: Motor BOSCH e sistema de transmissão: coroa, corrente e pinhão.



A quarta etapa constitui-se na montagem do protótipo, para isso, o forno solar foi soldado a um vergalhão reutilizado que funciona como eixo do forno, enquanto que os mancais de rolamento foram soldados às hastes verticais e encaixados às juntas universais, que por sua vez foram encaixadas fixadas ao eixo do forno. A conexão das hastes verticais à base de madeira foi flangeada e o motor parafusado a uma sapata, que por sua vez foi soldada a haste vertical de aço-carbono. A coroa foi soldada a haste de um dos mancais de rolamento, enquanto que o pinhão foi soldado ao eixo do motor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O material utilizado para construção mecânica do forno solar atendeu as especificações do projeto, rastreamento do movimento anual e diário do sol em relação a Terra. Após a conclusão das etapas já apresentadas, todo o protótipo foi pintado, por questões estéticas, sendo o resultado final apresentado na figura 7.



Fig. 7: Estrutura mecânica do protótipo.

A movimentação anual do sol, norte-sul, foi solucionada com a adoção da haste vertical móvel, que permite o ajuste necessário para que a luz solar fique no foco estabelecido, o guia de onda. A redução da altura desta haste ao valor mínimo (44cm) permite uma movimentação angular de $11,1^\circ$, valor superior ao necessário para o correto posicionamento do foco nas condições geográficas do Brasil. Nos testes realizados para o posicionamento do forno, no período de 30/07 a 06/08, constatou-se que a redução da altura da haste necessária foi de apenas 64 cm, o que equivale a uma movimentação angular de $2,5^\circ$.

Para a movimentação leste-oeste, a haste horizontal foi conectada aos mancais de rolamento através da junta universal. Essa combinação, mancal de rolamento, junta universal e haste do forno, permitiu a liberdade de movimentação de maneira simples, que pode ser controlada de acordo com o conjugado corrente-tensão aplicado ao motor. A combinação, forno e haste horizontal, têm o peso total de 3,6 Kg, sendo elevado com a adição de elementos a serem aquecidos.

As juntas universais, implantadas para possibilitar as movimentações angulares nas duas direções necessárias, conseguiram atender as expectativas tornando o equipamento funcional. É importante respeitar o limite de inclinação para bom funcionamento das juntas que é de 45° , acima deste valor é possível que haja o surgimento de tensões no material. A configuração do protótipo, no entanto, permite inclinações no máximo de $38,5^\circ$ para cada junta.

A haste vertical não móvel foi fixada através de solda à coroa e ao pinhão que, através de uma corrente, são conectadas ao motor. Juntos, eles permitem que ligados a uma fonte de



tensão, a movimentação leste-oeste seja realizada. Através do sistema coroa-pinhão, foi possível fazer a transmissão do movimento do motor ao forno solar, utilizando a relação de 1 para 3,7 (coroa-pinhão).

Apesar dessa redução de velocidade o correto funcionamento do equipamento necessita de um sistema de modulação de pulsos (PWM), o que irá fornecer a tensão necessária pelo intervalo de tempo necessário, para que a movimentação do protótipo ocorra em velocidade compatível com a mudança de posição do sol.

Para o controle de velocidade faz-se necessário um sistema de modulação de pulsos (PWM), para permitir o sincronismo entre a variação de tensão e a posição do sol. A figura 8 apresenta a variação da velocidade angular em função da tensão de alimentação do motor.

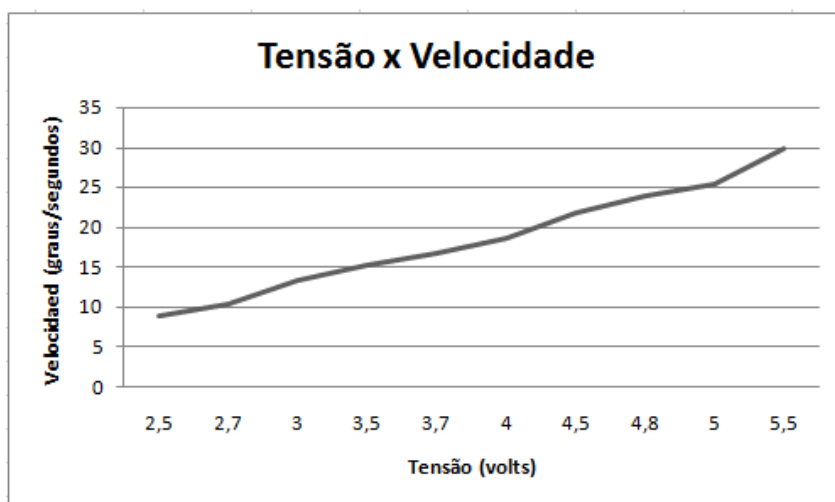


Fig.8: Gráfico de tensão X velocidade.

Para o teste de temperatura, integrou-se a região do foco do forno, um recipiente metálico contendo 100mL de água. Após 5 minutos, notou-se a formação de bolhas na região interna do recipiente, confirmando o poder de aquecimento do forno solar. Além disso, foi possível queimar folhas secas e outras substâncias orgânicas.

CONCLUSÕES

Este projeto possibilitou o conhecimento de uma fonte de energia renovável e de acesso a tecnologias que permitirá novos conhecimentos e a geração de perspectivas do uso da energia renovável para os alunos do IFBA. Através do desenvolvimento e construção do protótipo para o posicionamento de um forno solar parabólico.

Como continuação deste trabalho, será implementado um controle automático para o posicionamento do forno solar. Além disso, pretende-se utilizar um sistema PWM (modulação de pulsos) que possibilite o forno alcançar a velocidade necessária para estar corretamente alinhado com o sol.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA e a Coordenação do Curso de Automação Industrial



REFERÊNCIAS

ALVES, A.; CAGNON, J.; BORDON M.; **Avaliação de Desempenho de um Posicionamento Automático para Painéis Fotovoltaicos**. São Paulo: Unesp, 2010. Disponível em: <http://www.labplan.ufsc.br/congressos/CBA2010/Artigos/66541_1.pdf> Acesso em 7 agosto 2012

FORCELLINI, F. A. **Projeto Conceitual**. UFSC, Santa Catarina, 2003.

HIMALAYA, P. **Guia da Energia Solar**. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia7.pdf>> Acesso em 22 maio 2012.

INTERSAFETY SMS. **Sistema Elétrico de Potência**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/69783168/6/Energia-Solar-ou-Fotovoltaica>> Acesso em: 2 agosto 2012.

MEURER, C. **A Energia Solar e sua Utilidade**. UNICS, 2004.

OLIVEIRA, K; SARAIVA, M. **Movimento Anual do Sol e as Estações do Ano**. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>> Acesso em 22 maio 2012.

RAMALHO, F; FERRARO N.G.; SOARES, P.A. **Os fundamentos da Física**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

WILLIAMS, D. **Parabolic Solar Reflector**. Disponível em <http://solarcooking.wikia.com/wiki/Parabolic_solar_reflectors> Acesso em 22 maio 2012.