

PROJETO CONSTRUÇÃO E TESTE DE DOIS PROTÓTIPOS DE SECADOR SOLAR DE BAIXO CUSTO USADOS PARA PRODUZIR BANANA-PASSA

Yatan Jerônimo de Sousa Costa, yatanportnoy@gmail.com¹
Marcelo Bezerra Grilo, marcelogrilo@dem.ufcg.edu.br²
Yoge Jerônimo da Costa Ramos, yoge@dem.ufcg.edu.br²

¹Aluno do Curso de Engenharia Mecânica e Bolsista PIBIC/CNPq na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CCT/UAEM. Campina Grande, Paraíba.

²Professores na Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica. Campina Grande, Paraíba. (83) 3310 1381.

Resumo: *O desenvolvimento de um secador solar individual de baixo custo, que tenha máxima eficiência, e seja fácil de construir e operar é a meta a ser atingida. Neste trabalho são apresentadas as características de projeto, dimensionamento, construção e operação do equipamento em desenvolvimento e parte dos resultados obtidos com os testes de campo de dois protótipos construídos dentro desta filosofia. Os testes de campo dos secadores foram realizados na cidade de Campina Grande, Paraíba. Alguns dados preliminares obtidos com os testes de dois modelos de secador que utilizam, respectivamente, cobertura de vidro e cobertura de policarbonato transparente, ambos com 4 mm de espessura, são apresentados. Durante os testes foram produzidas banana-passa de alto valor nutritivo e com bom aspecto visual. A metodologia utilizada consistiu em projetar e construir os secadores e, em seguida, testar o funcionamento dos mesmos na produção de banana-passa, medindo algumas propriedades fundamentais, tais como, temperatura no interior do secador, tempo de secagem e redução de peso/umidade no produto final. Também foram observados alguns cuidados na manipulação e higiene do produto e do local utilizado para os testes.*

Palavras-chave: *Secador solar, Banana-passa, Energia solar, Secagem, Banana.*

1. INTRODUÇÃO

A secagem é um dos métodos mais antigos que se conhece para promover a conservação de produtos orgânicos. A secagem, ou desidratação dos alimentos, tem a finalidade de conservá-los por muito mais tempo. Esse procedimento mantém o valor nutritivo dos produtos, além de facilitar o transporte, manipulação, preparo e armazenagem.

A secagem, utilizando um secador solar, é um dos meios possíveis para a realização desse processo. A energia proveniente da irradiação solar é transformada em calor no interior do secador solar, aumentando a temperatura e criando uma das condições necessárias para que aconteça a retirada da água do produto, no caso a banana.

Segundo Lima *et al.* (2000) uma das principais vantagens de secar um produto agrícola está ligada a seu tempo de conservação que aumenta consideravelmente, isso se dá pela retirada da água, conseqüentemente diminuindo a umidade do produto, e faz com que microorganismos, como bactérias e fungos, não se proliferem facilmente.

No caso da banana *in-natura*, quando esta apresenta um teor de umidade, massa base úmida, de aproximadamente 70%, seu tempo de conservação é em média de 7 a 15 dias após a colheita. Quando a banana passa pelo processo de secagem, e sua umidade é reduzida para cerca de 20% a 30%, tem um período de conservação em torno de um ano. Chamamos esse produto de banana-passa.

2. DESENVOLVIMENTO

O secador solar desenvolvido é um equipamento simples, de fácil construção e manutenção composto basicamente de três elementos: o corpo, que é uma caixa retangular construída de madeira; duas bandejas, onde a banana é colocada para secar; e a cobertura do secador, que lhe dá a característica de estufa. Neste caso foram construídos dois protótipos, sendo um com cobertura de vidro e outro com cobertura de policarbonato.

As características construtivas de cada secador solar individual são apresentadas a seguir. Na Fig. (01a e 01b) são mostradas as dimensões de cada secador e uma foto do protótipo construído para teste.

Características construtivas de cada secador solar individual

- ✓ Pintura Exterior; Branco Gelo / Interior; Alumínio – Tinta Coralar
- ✓ Base com Bloco de Compensado Naval 10 mm e Fundo de 6 mm, Largura x Comprimento x Altura (460 x 700 x 200) mm, os blocos são aparelhados antes de serem pintados
- ✓ Cobertura com Vidro de 4 mm, Largura x Comprimento (440 x 660) mm com Cantoneira de ¾” x 1/16” e Silicone para vedação e fixação do vidro na cantoneira e parafusos para fixação da cantoneira no bloco
- ✓ 2 Bandejas por Secador de madeira maciça aparelhada e pintada com tinta Coralar Branca tendo Largura x Comprimento (380 x 600) mm com tela de Nylon Média
- ✓ Entrada de Ar Frio de madeira maciça, Cor Verde Folha Coralar com Largura x Altura (40 x 430) mm com tela de Nylon Fina e com porta de fechamento Noturno também Verde Folha
- ✓ Saída de Ar Úmido de madeira maciça, Cor Vermelho Coralar com Largura x Altura (50 x 430) mm tela de Nylon Fina e com porta de fechamento Noturno também Vermelho
- ✓ Porta de Acesso das Bandejas travadas com 2 aldravas de ½” e 2 dobradiças de 1,5” x 1”
- ✓ Pegador de alumínio padrão tipo alça de 5” fixado com 4 parafusos

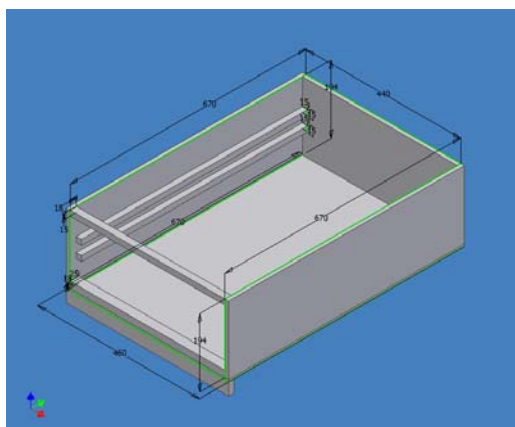


Figura 01a e 01b. Dimensões do secador solar e foto do protótipo construído

No secador existem duas aberturas que realizam um papel muito importante para o sucesso do processo de secagem, essas duas aberturas são posicionadas com níveis diferentes: uma mais baixa, para entrada do ar frio e outra mais elevada, para saída do ar aquecido. Na Fig. (02) é apresentado um esquema de funcionamento do secador solar e na Fig. (03) é possível observar a entrada de ar frio, pintada de verde e a saída do ar aquecido, pintada de vermelho.

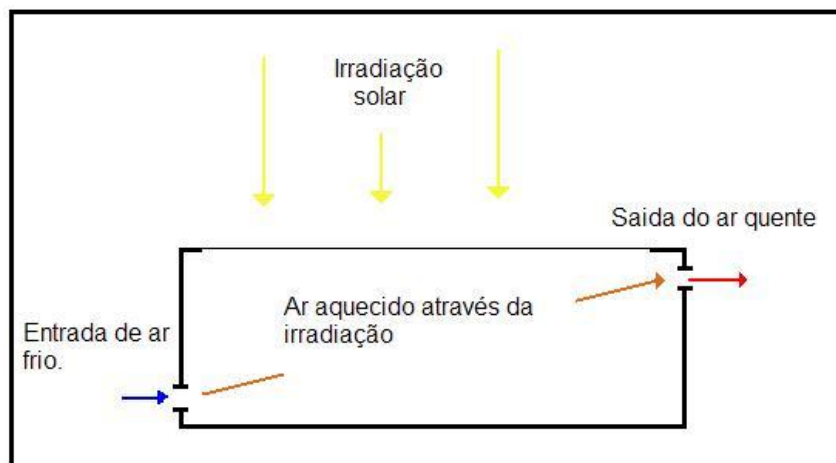


Figura 02. Esquema do secador solar e do seu funcionamento

2.1. Tipos de cobertura

A função da cobertura é fundamental para aumentar a eficiência do equipamento. O material escolhido tem que deixar passar o máximo de irradiação solar para o interior do equipamento, que será transformado em calor para aquecer o interior do secador, a cobertura também tem que ajudar a manter essa temperatura alcançada. Propriedades como transmissividade, absorvidade e refletividade da cobertura foram estudadas para escolha do material utilizado.

2.1.1. Vidro

Segundo Grilo (2007), o vidro tem elevada transmissividade na faixa de qualidade espectral de 0,1 a 2,5 μm , que é a faixa espectral da radiação solar incidente ao nível do solo na Terra. E apresenta elevada refletividade acima de 4,0 μm . Estas características do vidro contribuem para torná-lo excelente na geração do efeito estufa no interior do secador solar.

Porém, o secador solar com cobertura de vidro, como mostrado na Fig. (03), apresenta algumas desvantagens, tais como: alto peso, o equipamento mais pesado dificulta o transporte; baixa resistência a impactos, tornando-o frágil, além de um custo mais elevado comparativamente a outros materiais como o policarbonato. O m^2 do vidro foi adquirido a R\$ 60,00 (Sessenta Reais) enquanto o m^2 do policarbonato foi adquirido a R\$ 40,00 (Quarenta Reais), ambos com espessura de 4 mm.



Figura 03. Foto do protótipo de secador solar com cobertura de vidro

2.1.1. Policarbonato

O policarbonato é um tipo particular de poliéster, polímero de cadeia longa, formado por grupos funcionais unidos por grupos carbonato (-O-(C=O)-O-). São moldáveis, quando aquecidos, sendo por isso chamados termoplásticos (GARCIA, 2008). Estes plásticos são muito usados atualmente na moderna manufatura industrial e no *design*.

As propriedades marcantes dos policarbonatos são: semelhança ao vidro em relação a propriedades da radiação solar (elevada transmissividade na faixa espectral de 0,1 a 2,5 μm , baixa absorvidade e refletividade na faixa espectral acima de 4,0 μm), porém mais resistente ao impacto; boa estabilidade dimensional e comparativamente de menor custo que o vidro.

Ao contrário do vidro, o policarbonato Fig. (04) é bem mais leve e resistente a impacto, porém não é um material duro, apresentando facilidade para os aranhões e penetrações.



Figura 04. Foto do protótipo de secador solar com cobertura de policarbonato

2.2 Testes preliminares

Os principais dados a serem observados e medidos para analisar a qualidade do equipamento são: a temperatura em várias partes do secador solar (entrada de ar ambiente, interior e saída de ar aquecido) e a massa (peso) inicial e final da banana (início = banana *in natura* e final = banana-passa). As medições dessas propriedades vão gerar gráficos que representam, para o secador solar, a variação da temperatura com o tempo e, para banana, a variação da perda de peso com o tempo.

Nos testes preliminares, já realizados, a temperatura foi medida em intervalos de uma hora. Foi utilizado um termopar, cuja ponteira de medição é posicionada no local do secador solar que se deseja medir. Essas medições foram feitas utilizando um termopar tipo T (cobre – constantan).

Atualmente está em desenvolvimento um circuito elétrico que ajudará na medição da temperatura, tornando toda a aquisição de dados computadorizada. Com esse circuito elétrico será possível diminuir o intervalo do tempo entre as medições, aumentando consideravelmente a precisão da curva de temperatura *versus* tempo no gráfico.

As curvas de sorção são construídas a partir da perda de massa na banana (na realidade perda de água que estava adsorvida na banana) ao longo do tempo. Através de uma balança de precisão (Balmak modelo ELC -25) com capacidade até 10 kg graduação de 2 g, acima de 10 kg graduação de 5g, foi medida a massa inicial das bananas, antes de serem colocadas no secador solar. Ao longo do dia (de hora em hora), foram realizadas as medições de peso até chegar o fim do processo, quando foi feita a medição final. Através das Eq. (01) e Eq (02) se obtém o conteúdo de umidade presente no produto final, a banana-passa.

Segundo Park (2007), o conteúdo de umidade de um produto é a proporção direta entre a massa de água presente no material e a massa de matéria seca. O conteúdo de umidade é a quantidade de água, que pode ser removida do material sem alteração da estrutura molecular do sólido, e pode ser expressa de duas maneiras:

Base Seca (X_{bs}) – Em relação à massa seca do produto.

$$X_{bs} = M_{\text{final}} / M_{\text{Massa Seca}} \quad (01)$$

Base Úmida (X_{bu}) - Em relação à massa total do produto.

$$X_{\text{base úmida}}(\%) = (100) M_{\text{final}} / M_{\text{total}} \quad (02)$$

Onde,

X é o Conteúdo de umidade, e M é a Massa da banana sem casca.

Alguns testes preliminares, realizados com o protótipo construído em junho de 2009, utilizando cobertura de policarbonato, são apresentados nas Fig. (05 e 06).

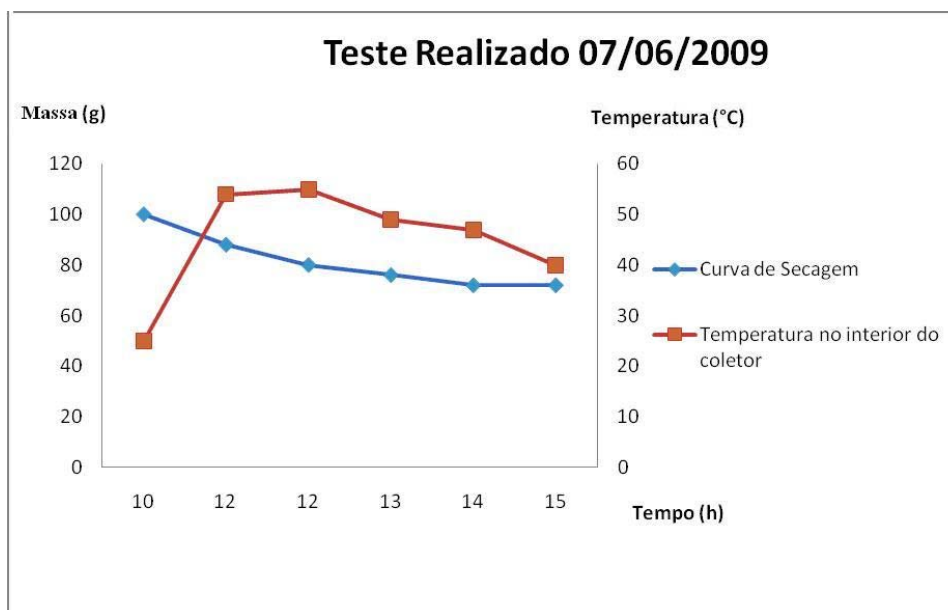


Figura 05. Curvas de secagem de banana e variação de temperatura no interior do secador, usando cobertura de policarbonato, no dia 07 de junho 2009.

Na Fig. (05), observa-se que a carga de banana desidratada atingiu apenas 60%, isto não é suficiente para ser considerada banana-passa. Para se atingir os 20% a 30% desejado deveria a carga de banana ficar em secagem por mais um dia. A experiência tem demonstrado que dependendo da intensidade de radiação solar incidente são necessários de dois a três dias de operação do secador para transformar a banana *in natura* em banana-passa.

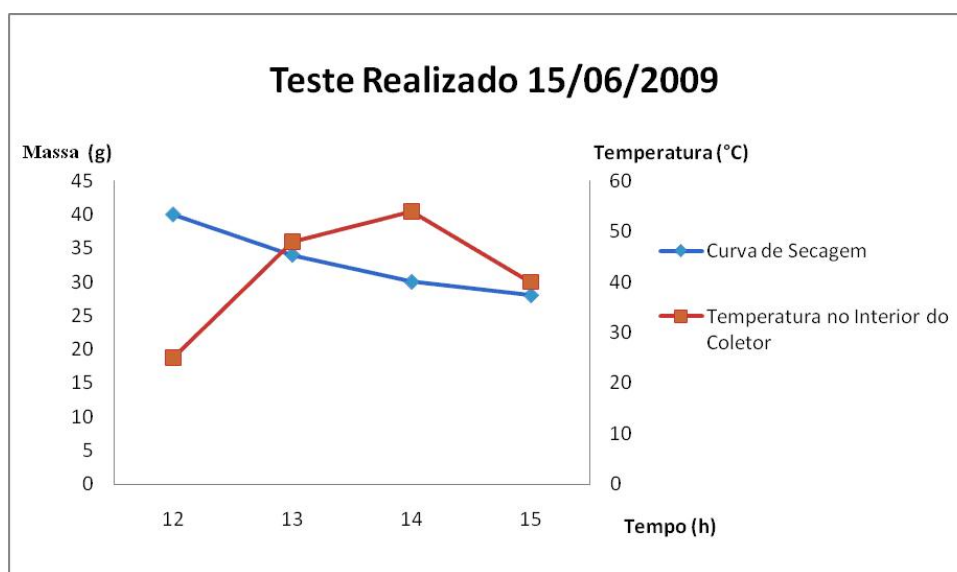


Figura 06. Curvas de secagem de banana e variação de temperatura no interior do secador, usando cobertura de policarbonato, no dia 15 de junho 2009

Na Fig. (06), observa-se que a carga de banana desidratada atingiu 35%, em apenas três horas de secagem, isto pode ser explicado pela pequena carga de banana inicialmente posta para secar, no caso 40 g.

2.2.1 Teste no secador com cobertura de vidro

As medições de temperatura ocorreram entre as horas da manhã e dezesseis horas da tarde. Durante esse intervalo a intensidade da radiação solar apresenta seus valores mais significativos, consequentemente as temperaturas obtidas são as mais altas.

Partindo desse princípio, o gráfico da Fig. (07) mostra a curva de temperatura no interior do secador, com os dados coletados no dia 22 de novembro de 2009. Nota-se uma média de 50°C, com pico de 56°C as 13 h.

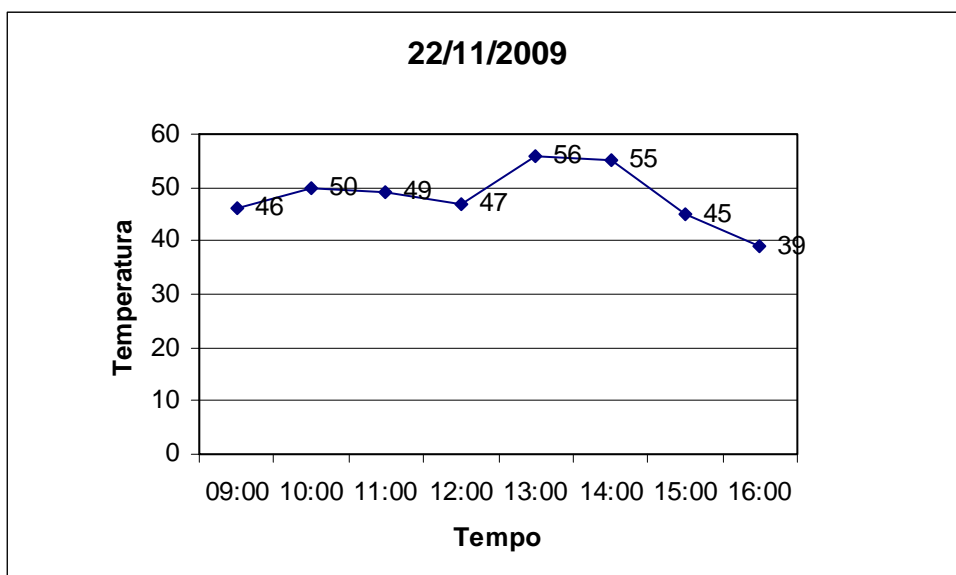


Figura 07. Curva de variação de temperatura no interior do secador, usando cobertura de vidro, no dia 22 de novembro de 2009.

Como o mês de novembro, em geral, não é um mês de intensidade de radiação solar tão elevada quanto ao período de dezembro a março, além da presença constantes nuvens que influenciam diretamente na temperatura no interior do secador solar, explica porque as temperaturas no interior do secador não foram tão elevadas.

O gráfico gerado pelas medições do dia 20 de fevereiro de 2010, Fig. (08) apresenta uma média de temperatura mais alta, com pico de 59,5°C as 14 h.

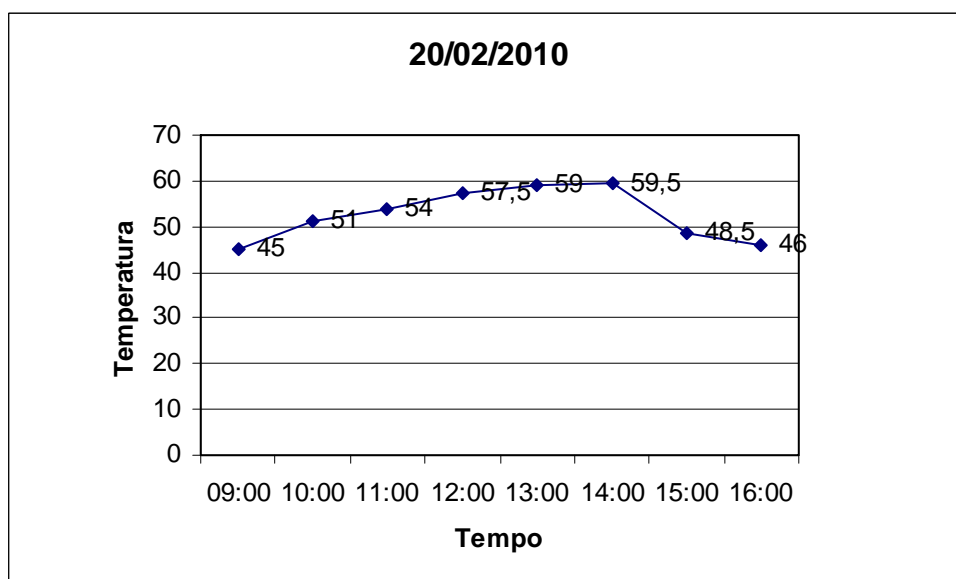


Figura 08. Curva de variação de temperatura no interior do secador, usando cobertura de vidro, no dia 20 de fevereiro de 2010.

2.2.2 Teste com a cobertura de policarbonato

Nos testes do coletor usando a cobertura de policarbonato foram observados alguns pontos curiosos. As temperaturas, por exemplo, foram no geral alguns graus abaixo comparados com a do secador com vidro, porém, o resultado do produto final apresentou um excelente resultado.

Em dias com temperatura ambiente maiores, o secador com cobertura de vidro atingiu altas temperaturas, acima de 70°C. Isso gerou o fenômeno de cristalização do açúcar natural do fruto na superfície, prejudicando a retirada da água adsorvida na banana, uma vez que a área de contato da superfície do fruto rica em umidade com o ar quente, diminui. E o movimento da água do interior da banana para superfície foi prejudicado.

Já o secador com cobertura de policarbonato, gerou uma condição melhor para o processo da secagem, mantendo a temperatura numa faixa adequada para o sucesso da secagem consequentemente tendo um bom resultado no produto final.

Um gráfico foi obtido para o secador com cobertura de policarbonato Fig. (09). O teste dos dois protótipos no mesmo dia e, portanto, na mesma condição de secagem é para poder comparar a influência da cobertura do secador na eficiência do processo.

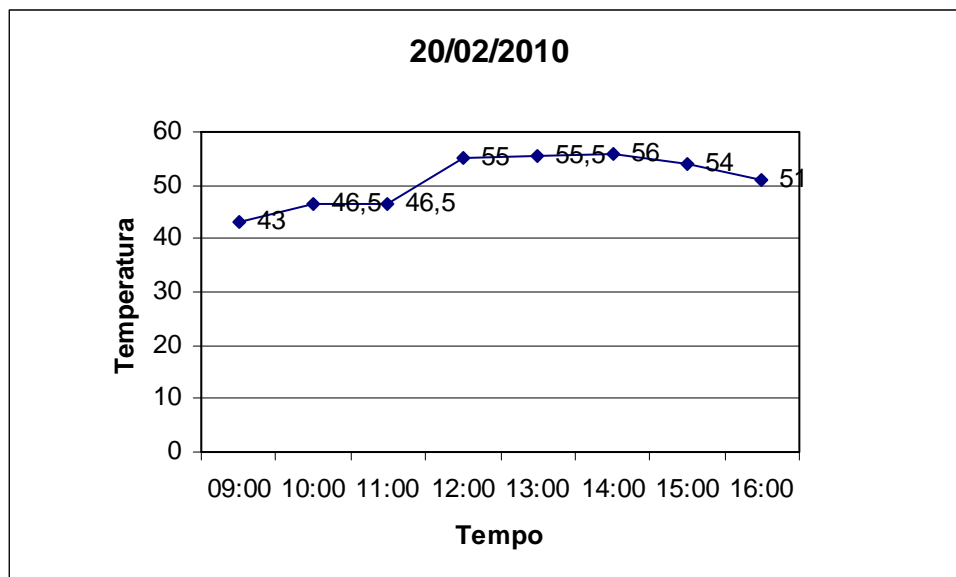


Figura 09. Curva de variação de temperatura no interior do secador, usando cobertura de policarbonato, no dia 20 de fevereiro de 2010.

3. CONCLUSÕES

Os resultados dos testes preliminares apontam que o uso do policarbonato como cobertura do secador solar em substituição ao vidro é positivo e apresenta vantagens competitivas em relação à manutenção do efeito estufa no interior do secador solar. Mais testes de campo precisam ser realizados para se observar a resistência do policarbonato em teste de longa duração e em várias épocas do ano que sejam representativas do ciclo da radiação solar na cidade de Campina Grande.

Usando matérias simples, de preços acessíveis, e a energia solar como fonte térmica, foi possível construir e testar um secador solar individual de baixo custo, usado para produção de banana-passa. Através dos testes preliminares, já realizados, é possível inferir pela qualidade do equipamento e do produto final produzido, a banana-passa.

Testes de campo com medições de propriedades para o equipamento, utilizando um sistema de aquisição de dados mais eficiente serão realizados para dar qualidade aos dados iniciais e assim poder precisar a eficiência do processo, do produto e do equipamento.

4. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Marcelo Bezerra Grilo e Yoge Jerônimo da Costa Ramos pela oportunidade de realizar conjuntamente este trabalho e a UFCG/CNPq que, através da bolsa PIBIC, me propiciou apoio para empreender esta pesquisa experimental.

5. REFERÊNCIAS

- Garcia, Danton Camacho. 2008. Secagem de Sementes. Trabalho publicado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia/UFSM.
- Grilo, Marcelo Bezerra. 2007. Fundamentos da Energia Solar: Radiação solar e coletor solar plano – conceitos básicos e aplicações. Ed. da UFCG ISBN 9788589674348, Campina Grande.
- Lima, A. G. B., Nebra, S. A., Queiroz, M. R. 2000. A Banana: Parte I: Aspectos Históricos e Mercadológicos. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. V. 2.
- Park, K. J.; Antonio, G. C.; Oliveira, R. A. Park, K. J. B. 2007. Conceitos de Processo e Equipamentos de Secagem. Campinas.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores Marcelo Bezerra Grilo, Yoge Jerônimo da Costa Ramos e Yatan Jerônimo de Sousa Costa declaram que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

THE DEVELOPMENT OF A LOW COST SOLAR DRYER TO PRODUCE DRY-BANANA

Yatan Jerônimo de Sousa Costa, yatanportnoy@gmail.com¹

Marcelo Bezerra Grilo, marcelogrilo@dem.ufcg.edu.br²

Yoge Jerônimo da Costa Ramos, yoge@dem.ufcg.edu.br²

¹Aluno do Curso de Engenharia Mecânica e Bolsista PIBIC/CNPq na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CCT/UAEM. Campina Grande, Paraíba.

²Professores na Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica. Campina Grande, Paraíba. (83) 3310 1381.

Abstract. The development of a low cost solar dryer to produce dry-banana, and that has brought efficiency and is easy to build and operate is the goal to be achieved. This work presents the characteristics of design and operation of equipment and development of the results of field tests of two prototypes built within this philosophy. Field tests of the dryers were made in the UFCG in Campina Grande, Brazil. Some preliminary data obtained from tests of two models of dryers that use respectively cover glass and polycarbonate, both with 4mm thick. During the tests were produced banana is of high nutritional value and good visual appearance. The methodology consisted of designing and building dryers and then test the operation of them in the production of dried banana, measuring some fundamental properties such as temperature inside the dryer, drying time and reduced weight/moisture in the final. We observed the care and hygiene in the handling of the product and the area used for testing.

Keywords: Solar dryer, Dry-banana, Solar energy, Drying, Banana.