

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM SECADOR SOLAR DE BAIXO CUSTO NA SECAGEM DE BANANAS PRATA

Maxwendell Lopes Delfino¹, Antonio Gomes Nunes (Orientador)²

¹Graduando em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil. E-mail: maxwendell_ld@hotmail.com.

²Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor efetivo na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil. E-mail: nunesag@ufersa.edu.br.

Resumo:

Este artigo tem como finalidade apresentar a construção de um secador solar de baixo custo fazendo uso de material reciclável. O protótipo produzido trata-se de um secador solar direto, que utiliza o Sol (energia solar) para realização da secagem de frutas e verduras. Tem como objetivo analisar a eficácia térmica do secador assim como a viabilidade econômica da produção, utilizando-se de dados experimentais para comparar o antes e depois do produto usado nos experimentos referentes à secagem.

Palavras-chave: Secador solar, Energia solar térmica, Secagem.

1. INTRODUÇÃO

O mundo está em constante desenvolvimento com isso o homem tem buscado formas de aliar o crescimento econômico e o cuidado com o meio ambiente, para isso ele encontrou na própria natureza formas de produzir energia de forma limpa e sustentável.

Uma dessas fontes de produção de energia é o Sol, que pode ser aproveitado de diversas formas trazendo vários benefícios para as pessoas, uma dessas formas é a tecnologia dos secadores solares.

Os secadores solares fazem uso da energia proveniente dos raios do Sol para a realização de secagem de alimentos, retirada da água, o que proporciona uma maior duração na conservação dos produtos. Em um país como o Brasil o uso dessa tecnologia torna-se imprescindível, visto que, o Brasil é um grande produtor de frutas e muitas destas acabam sendo desperdiçadas, com o uso do secador solar o desperdício seria evitado e as frutas teriam um maior tempo de prateleira para consumo, concentração dos nutrientes, e também o sabor permanece inalterado por um período maior.

No decorrer deste artigo observou-se como foi a construção de um secador solar de baixo custo e os materiais e métodos necessários para sua confecção. E também uma análise da secagem ocorrida na fruta (banana prata) através da pesagem da amostra antes e depois de exposta à radiação solar, seguido da análise de resultados. O secador solar foi testado na secagem de banana prata com um teor de água em torno de 75%. Assim, com o presente trabalho visou-se compreender o funcionamento de um secador solar, entendendo quais são os principais fatores que interferem para que ocorra a secagem, através de dados e estudos de caso, observou-se que o protótipo é eficaz e o local de aplicação e estudo é efetivo para o aproveitamento da energia solar térmica como forma de secagem de alimentos.

2. DESENVOLVIMENTO

A secagem de frutas para a utilização fora de sua época é algo que hoje já é possível devido à tecnologia do secador solar, esse equipamento utiliza-se da energia proveniente do sol para realização dessa atividade. Sendo o nordeste brasileiro uma ótima opção para a prática deste recurso, pois possui clima tropical e apresenta os maiores valores de irradiação solar global, com a maior média e a menor variabilidade anual entre todas as regiões geográficas.

O secador solar é um equipamento simples: uma caixa de madeira, ou outro material, pintada de preto, com abertura nas laterais que possibilita o fluxo de ar na caixa e isolante térmico ao fundo junto com um suporte para colocar os produtos. Na parte superior uma tampa de vidro que permite a entrada de luz e impede a saída de calor, efeito estufa.

A secagem é um dos processos mais antigos utilizados pelo homem na conservação de alimentos. A grande maioria dos alimentos sofre deterioração com muita facilidade, diante desse problema, surgiram algumas técnicas de conservação dos alimentos, dentre os quais, a secagem, que é uma das mais utilizadas. A secagem é um processo físico que ocasiona a perda de água por desidratação, ou seja, a evaporação dos líquidos presentes nos alimentos, o que proporciona a conservação por mais tempo. Uma das principais características da secagem é a conservação do produto, redução do seu peso, consequentemente reduzindo o custo de transporte e armazenamento em relação aos produtos congelados e enlatados.

Existem dois tipos de secadores solares, os diretos e indiretos. No secador solar direto o sol incide diretamente sobre os alimentos que estão no secador. Os alimentos estão preservados sob uma cobertura transparente que cria um efeito de estufa que aumenta a temperatura e promove a secagem dos alimentos. A circulação do ar é feita por abertura nas laterais do secador vedados com telas de proteção com o intuito de proteger os alimentos de insetos, pássaros e poeira.

Já no indireto o secador é constituído por um coletor que converte a energia solar em calor e uma câmara de secagem onde os produtos são colocados sem exposição direta ao sol, esses são mais rápidos e eficientes, pois é necessário um menor tempo de secagem. Porém é mais complexa a sua construção e são ligeiramente mais caros. As Figuras 01 e 02 mostram um secador solar de exposição direta e outro de exposição indireta.



Figura 01. Secador solar de exposição direta

Fonte: GÓIS (2016)



Figura 02: Secador solar de exposição indireta

Fonte: NUNES (2016)

No mundo a produção de frutas vem aumentando, bem como o interesse da população em consumi-las. Este fato segue a tendência mundial de conscientização em relação à necessidade de possuir uma dieta balanceada e saudável. O Brasil se destaca na área de produção de frutas, chamada de fruticultura. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o país é o terceiro maior produtor de frutas mundialmente, ficando atrás somente da China e Índia, respectivamente. A produção de frutas no Brasil tem superado os 40 milhões de toneladas nos últimos anos. Porém, o desperdício de alimentos é muito grande, sendo o segmento de frutas, legumes e verduras o líder de perdas.

É importante salientar que entres tantas outras vantagens, o secador solar ainda funciona como uma tecnologia social, devido ao seu baixo custo, fácil manuseio e impacto social, visto que auxilia a população que necessita de renda extra, possibilitando assim a diminuição do desemprego e funcionando como ferramenta contra a exclusão social.

2.1. Materiais e Métodos

Para a realização do experimento pensou-se na construção de um protótipo de secador solar de exposição direta de baixo custo, construído a partir de matérias recicláveis. Para melhor execução e desempenho foi realizado ajustes nos objetos disponíveis, como veremos na seção 3.1.

O experimento foi realizado nos dias 24/06/2019 e 25/06/2019 com duração de oito horas, os dois dias, das 08:00 horas às 16:00 horas, com medições da irradiação solar a cada 1 hora e pesagem do alimento apenas duas vezes, antes da realização do ensaio e após. No dia do ensaio as condições climáticas estavam favoráveis e apresentavam baixa nebulosidade.

Para a realização do experimento foram utilizados equipamentos para auxiliar na coleta de dados, tais como: um medidor digital, piranômetro, para medir a irradiação solar e uma balança digital para pesar a massa das frutas, neste caso, as bananas.

2.1.1. Características do Protótipo

Para a construção do protótipo foi utilizada uma caixa de madeira com dimensões de 20x20x70 cm (largura x profundidade x comprimento) e abertura nas laterais 16x16 cm vedados com tela para assim impedir a entrada de insetos e permitir o fluxo de ar no interior do secador, de modo a auxiliar a retirada da água dos alimentos.

Para fechar a caixa utilizou-se um porta-retratos de bordas de acrílico e tampo de vidro, o que possibilitou no experimento a incidência dos raios solares sobre os alimentos. A Figura 03 mostra o secador solar de baixo custo.

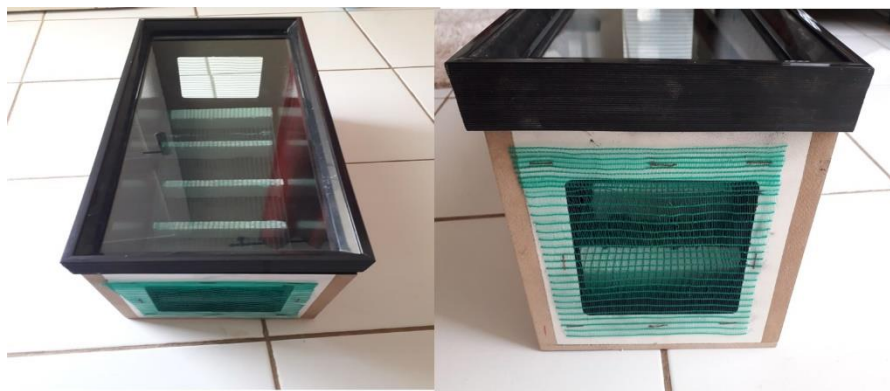


Figura 03: Secador solar de baixo custo
Fonte: Autoria Própria (2019)

Também foi utilizada uma tela de nylon, a mesma utilizada para vedar as laterais do protótipo, e pedaços de isopor como suporte para que os alimentos não entrassem em contato com a tinta utilizada para pintar a caixa.

O isopor ainda funcionava como isolante térmico, fazendo com que não houvesse muita perda de calor dentro da caixa. A Figura 04 mostra o isopor e telas para suporte das frutas.



Figura 04: Isopor e telas para suporte das frutas
Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 01 a seguir mostram os dados de produtor e preços que foram gastos para confeccionar o protótipo do presente trabalho.

Tabela 01. Dados de produtos e preços

PRODUTO	VALOR (R\$)
MDF (doação)	0,00
Tampa com espelho (doação)	0,00
Tinta	11,75
Tela de Nylon	2,20
Cola	1,30
Mão de obra	25,00
Total	40,25

Fonte: Autoria Própria

De acordo com a tabela 01, percebe-se que os custos para a construção do protótipo foram de R\$ 40,25, ou seja, um secador solar de baixo custo.

2.2. Metodologia

No experimento foi realizada a secagem de banana prata. A princípio foi realizado o fatiamento da mesma, cortada manualmente com o auxílio de uma faca de cozinha, corte longitudinal, e realizada a pesagem da massa da fruta. Logo nas horas iniciais notou-se pouca presença de nuvens com pouca variação da incidência solar, onde foi obtido o valor de 1.222 W/m², o experimento foi realizado em oito horas, porém posteriormente a irradiância se intensificou fazendo variar a irradiação solar de 1.222 W/m² a 1.402 W/m², logo após às 13:00 horas começou a cair e variou de 1.402 W/m² a 954.7 W/m², com temperatura média de 31°C. Os dados referentes à massa, temperatura e irradiação solar medidas estão na Tabela 02 a seguir:

Tabela 02. Dados do experimento: massa do produto, temperatura e irradiação solar.

Dia	Hora	Massa da Banana (g)	Temperatura (°C)	Irradiação (W/m ²)
24/06/2019	8:00	80	29	1222
24/06/2019	9:00	*	31	1269
24/06/2019	10:00	*	32	1300
24/06/2019	11:00	*	32	1303
24/06/2019	12:00	*	33	1278
24/06/2019	13:00	*	34	1402
24/06/2019	14:00	*	33	1308
24/06/2019	15:00	*	31	1085
24/06/2019	16:00	32	30	954,7

Fonte: Autoria própria

Nota: *A massa não foi medida

No segundo dia de experimento as condições também eram favoráveis, logo nas horas iniciais notava-se pouca presença de nebulosidade e com pouca variação da incidência solar, no início foi obtido um valor de 1.227 W/m², o ensaio também durou oito horas e no final da tarde começou a apresentar um pouco de nebulosidade, isso fez com que a irradiação variasse de 1.015 W/m² a 567 W/m². Os dados referentes à massa, temperatura e irradiação solar medidas no segundo dia de experimento estão na Tabela 03 a seguir:

Tabela 03. Dados do experimento: massa do produto, temperatura e irradiação solar.

Dia	Hora	Massa da Banana (g)	Temperatura (°C)	Irradiação (W/m²)
25/06/2019	8:00	34	29	1227
25/06/2019	9:00	*	31	1268
25/06/2019	10:00	*	31	1297
25/06/2019	11:00	*	32	1316
25/06/2019	12:00	*	34	1364
25/06/2019	13:00	*	34	1347
25/06/2019	14:00	*	33	1269
25/06/2019	15:00	*	31	1015
25/06/2019	16:00	25	30	567

Tendo em vista a porcentagem determinante de frutas secas, os resultados obtidos foram satisfatórios. Ao fim do experimento com 8 horas de duração, cada dia, a banana teve uma perda de 68,7% de água, o que corresponde a aproximadamente 90% da sua água. A aparência da banana no início e após 8 horas de experimento, nos dois dias, pode ser observada nas Figuras 05 e 06.



Figura 05: Aparência da banana antes e depois de exposta a irradiação solar do primeiro dia de experimento.

Fonte: Autoria própria (2019)



Figura 06: Aparência da banana antes e depois de exposta a irradiação solar do segundo dia de experimento.

2.3 Análise dos Resultados

Frente à variação climática que pode ter influenciado nos resultados, a duração da exposição da fruta no sol e a espessura da mesma, através dos resultados obtidos pode-se constatar a eficácia do protótipo de baixo custo para a aplicação na região do semiárido.

Considerando o trabalho de Góis (2016) e Lima (2017) em um espaço de tempo de 5 horas e a redução mássica da banana foi de 36% e 67% respectivamente. No presente trabalho realizado em 16 horas a redução da banana foi de 68,7%. Veja os dados comparativos na Tabela 04 a seguir.

Tabela 04. Comparativo de perda mássica

Frutas	Góis (2016)		Lima (2017)		Presente Trabalho
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 1	Experimento 2	Experimento único
Banana prata	34%	39%	69%	65%	68,7%

Fonte: Adaptado de Góis (2016) e Lima (2017)

Logo, considerando os dados dos experimentos em análise e do ensaio do protótipo de baixo custo pode-se afirmar que os resultados obtidos pelo mesmo são satisfatórios, já que sua realização se deu por um único experimento com condições climáticas parecidas e obteve resultado similar aos experimentos realizados por Lima (2017).

É notório que pode ser realizado melhoras no protótipo, com o intuito de acelerar o processo de desidratação dos alimentos. É válido ressaltar que os resultados obtidos foram influenciados pela incidência solar e a variação da frequência do vento no dia da realização do ensaio, devido à presença de pouca nebulosidade.

Segundo a ANVISA, produto de frutas seco ou desidratado será considerado desidratado aquele que atingir um percentual mínimo de 25% de perda mássica, levando-se em consideração esse dado, observa-se a viabilidade de aplicação do protótipo, já que o mesmo alcançou em um período de oito horas uma porcentagem que satisfaz essa condição.

3. CONCLUSÃO

Apesar de ser apenas um secador solar com pouca capacidade para a secagem de vários produtos, o secador mostrou-se eficaz na secagem de banana prata, atingindo os patamares parecidos com outros secadores solares consultados na literatura.

No presente experimento pode-se observar a interferência da irradiância solar e da presença do vento no auxílio da secagem, para melhor aproveitamento é necessário que a secagem ocorra em dias que se tenha uma maior irradiação e que o alimento fique exposto durante um maior período de tempo, e aplicar melhorias nas características do protótipo.

Sabendo que o vento também é um importante fator e influencia na retirada de umidade dos alimentos, um estudo do comportamento do vento no local de aplicação do secador solar possa influenciar em melhores resultados, visto que dependendo do local em que o secador está instalado será possível uma maior circulação de ar no interior da caixa.

4. REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, I.B.LIMA,M.A.A e SOUZA,L.G.M. **Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável**.HOLOS, vol.4, 2016. Instituto Federal do Rio Grande do Norte- IFRN. Mossoró, Rio Grande do Norte. Disponível em:< www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/download/2477/1524> . Acesso em: 21 de Fevereiro 2019.
- [2] ANVISA, Resolução – CNNPA nº 12. 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisaegis/resol/12_78_frutas_secas.htm>. Acesso em: 11 Março 2019.
- [3] CORNEJO, Felix Emílio Prado. NOGUEIRA, Regina Isabel. WILBERG, Viktor Christian. Secagem e desidratação. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Secagem e Desidratação**, Brasília/DF. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid5sgie02wyiv80z4s473tokdiw5.html>. Acesso em: 26 Fevereiro 2019.
- [4] GÓIS, Felipe Gabriel de Carvalho. **Análise de desempenho e viabilidade de um secador solar de baixo custo na cidade de Mossoró/RN**. 2016.56p. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2016.
- [5] LIMA, Kelianny da Silva. **Secador solar de baixo custo no Semiárido potiguar: Análise do desempenho**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2017.
- [6] [1] NUNES, A.G. **Desenvolvimento experimental de um secador solar multienergético para secagem de frutas**. 2016. 175f. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB, 2016.



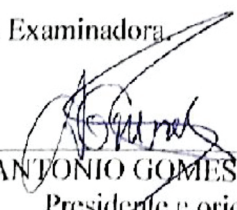
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

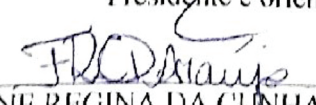
Às 10h50min do dia cinco de agosto de dois mil e dezenove, na sala 08 do Centro de Ciências Exatas e Naturais CCEN – da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **MAXWENDELL LOPES DELFINO**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, Nº de matrícula **2016010349**, com o título **“CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM SECADOR SOLAR DE BAIXO CUSTO NA SACAGEM DE BANANAS PRATA”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. **ANTONIO GOMES NUNES**, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Profa. Dra. **FABIANE REGINA DA CUNHA DANTAS ARAÚJO** e Profa. Dra. **MARIA JOSEANE FELIPE GUEDES MACÊDO** como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: **10,0; 10,0; 10,0**. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral **10,0**. E para constar, eu, Antonio Gomes Nunes, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 05 de agosto de 2019.

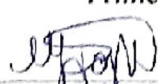
Assinatura dos membros da Banca Examinadora



Prof. Dr. **ANTONIO GOMES NUNES** – UFERSA
Presidente e orientador



Profa. Dra. **FABIANE REGINA DA CUNHA DANTAS ARAÚJO** - UFERSA
Primeiro Membro



Profa. Dra. **MARIA JOSEANE FELIPE GUEDES MACÊDO** - UFERSA
Segundo Membro