

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO PARA CONSTRUÇÃO DE SECADOR SOLAR E SUA EFICIÊNCIA

Renato Costa Silva¹

Regilane Marques Feitosa²

Lumara Tatiely Santos Amadeu³

Josivanda Palmeira Gomes⁴

Emanuel Neto Alves Oliveira⁵

^{1,2,3,4} UFCG, Campina Grande-PB, Brasil, renatinocosta@gmail.com
regilanemarques@yahoo.com.br; lumaratatiely@hotmail.com; josivanda@gmail.com

⁵ IFRN, Pau dos Ferros-RN, Brasil, emanuel.oliveira16@gmail.com

Introdução

Os equipamentos elétricos e eletrônicos, como televisores, computadores, máquinas de lavar roupa, e refrigeradores entre outros, são essenciais para a nossa vida diária e são amplamente utilizados em casas e instituições. Convertendo a indústria eletrônica na maior e mais rápida produção mundial industrial (GU et al., 2016). O grande crescimento desta indústria é em grande parte com base na progressiva procura da facilidade de serviço que esses itens podem oferecer (YIN et al., 2014). As várias formas de necessidades do mercado levaram a um rápido crescimento das categorias dos equipamentos eletrônicos resultando em um ciclo de vida reduzido e uma rápida substituição dos danificados, consequentemente aumentando a quantidade de resíduos dessa natureza.

Atualmente a reciclagem é o meio mais sustentável e lucrativo como forma de tratamento desses resíduos, agredindo o mínimo possível ao meio ambiente (ZHANG et al., 2011). Essa afirmação é válida pois a reciclagem é a revalorização da matéria-prima que foi utilizada e que em determinado momento ficou sem utilidade para a designação que foi construída, com isso transformando-a em um novo produto que volta ao ciclo de produção ou utilidade.

Existem inúmeras formas de secagem e tipos de secadores, gerados por uma grande variedade de equipamentos, portanto, a escolha do modelo mais adequado pode ser subjetiva. É possível encontrar diferentes modelos de secadores solares que possibilitam uma capacidade de energia para se realizar a secagem adequada em diferentes níveis de temperatura e circulação do ar como o secador vertical em forma de estufa (SALES & CÂNDIDA, 2016), construídos em policarbonato (PHUSAMPAO et al., 2014), polietileno e PVC flexível (SAIN et al., 2013).

A água é o elemento principal que determina o metabolismo biológico dos produtos agrícolas e a secagem é o método mais comum para promover a qualidade e a estabilidade dos grãos, pois a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica, além das mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento (MENEGETTI et al., 2012). E a atividade de água avalia a estabilidade de um produto, prever reações químicas e enzimáticas, e o desenvolvimento de microrganismos, permitindo definir o tipo de embalagem adequada para o material que se está trabalhando (OLIVEIRA et al., 2011).

Este trabalho teve como objetivo o reaproveitamento de uma impressora descartada para a fabricação de um secador solar e observar o seu desempenho na secagem de grãos de melão pele de sapo (*Cucumis melo* 'Santa Claus'), para possível utilização na alimentação humana.

Material e Métodos

Para a construção do secador solar utilizou uma impressora HP multifuncional, oriunda de descarte com outros equipamentos quebrados durante a reforma do Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande – PB. A mesma foi retirada com a liberação do departamento de patrimônio da universidade.

A impressora foi desmontada para a retirada dos equipamentos eletrônicos no seu interior restando apenas a sua carcaça exterior que foi submetida a uma higienização e sanitização. Posteriormente foi colocado papel alumínio em seu interior com o propósito de diminuir a perda de calor acumulado no secador; o fundo foi pintado de preto fosco com o propósito de fazer com que o mesmo absorvesse mais calor quando em contato com os raios solares. Foi feito um pequeno orifício na parte traseira com o objetivo de deixar escapar a massa de água evaporada pelo produto ao ser seco e para se introduzir um termômetro de mercúrio para acompanhar a temperatura do ar em seu interior. A Figura 1 apresenta o protótipo pronto.

Foi realizado um ensaio, utilizando grãos de melão pele de sapo (*Cucumis melo 'Santa Claus'*), para testar a eficiência do secador solar, confrontando com a secagem ao ar livre.



Figura 1. Protótipo do secador solar construído.

Os dados experimentais das secagens foram coletados em uma área aberta, particular, localizada na cidade de Campina Grande-PB, no dia 01/09/2017. O experimento teve início às 6h da manhã e terminou às 16h da tarde, foram coletadas amostras a cada 2h de secagem, tanto dos grãos dentro do secador como dos grãos que estavam sendo secos fora do secador.

A temperatura do ar no interior do secador foi acompanhada por termômetro de mercúrio com escala de 0 a 150 °C (o bulbo não encostava no secador) e registrada a cada 30 min, a temperatura do ar fora do secador foi obtida através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por meio das estações automáticas.

As amostras coletadas foram analisadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) quanto à umidade (b.s.) de acordo com a metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), e atividade de água, na temperatura de 25°C, determinadas por higrômetro Aqualab modelo 3TE da Decagon Devices.

Os dados experimentais obtidos da umidade (b.s.) e atividade de água foram analisados aplicando o delineamento inteiramente casualizado, através do programa computacional ASSISTAT versão 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2009). O teste de comparação entre médias aplicado foi o de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os dados das temperaturas que indica o termômetro no momento da leitura dentro do secador e os dados das temperaturas coletadas no site do INMET para a data do experimento (01/09/2017) estão apresentados na forma de gráfico na Figura 2.

Observa-se que a temperatura do secador solar foi superior durante todo o processo de secagem quando comparado à secagem ao ar livre. A temperatura mínima obtida foi às 6:30 h (25°C) e a máxima às 13:00 h (63 °C) para o secador solar, e a temperatura máxima registrada fora do secador foi de 28,6°C.

Essa grande diferença de temperatura pode ser explicada pelo efeito estufa que o vidro do secador impõe, não permitindo que o ar aquecido dentro do secador saia para o ambiente, assim fazendo com que acumule energia em forma de calor e consequentemente aumente a temperatura no seu interior. Ao verificar a eficiência de um secador solar construído semelhante a uma mini estufa para a secagem de ervas, Palacio-F et al. (2016) registraram temperatura máxima de 55°C, e de 28°C no ambiente externo.

Silva (2013) construiu um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno, durante o ensaio experimental o mesmo conseguiu a temperatura máxima de 59,1°C no interior do secador.

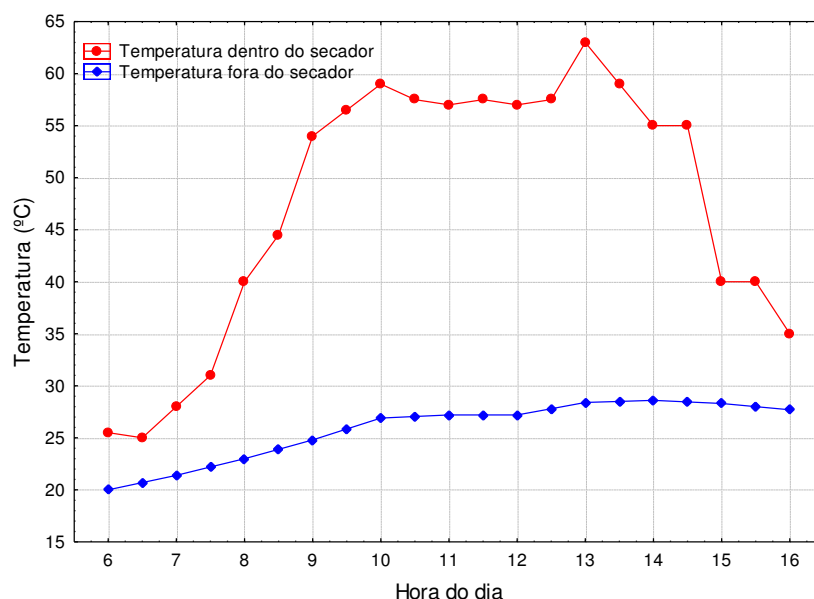


Figura 2. Gráfico comparativa entre as leituras de temperatura.

Os valores da umidade (% b.s) e da atividade de água dos grãos do melão secos no secador solar e ao ar livre no decorrer da secagem, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Umidade e atividade de água dos grãos de melão pele de sapo secos dentro e fora do secador solar

Tempo de secagem (h)	Umidade (b. s. %)		Atividade de água	
	Secador solar	Ambiente externo	Secador solar	Ambiente externo
0	57,7 a	57,7 a	0,987 a	0,987 a
2	15,66 b	22,94 a	0,909 a	0,910 a
4	8,54 b	12,75 a	0,567 b	0,708 a
6	6,42 b	8,30 a	0,406 b	0,497 a
8	6,11 b	7,29 a	0,380 b	0,443 a
10	6,49 b	7,40 a	0,429 b	0,466 a

Obs.: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Como pode ser observado na Tabela 1, o menor valor obtido da umidade foi de 6,11% b.s. dentro do secador solar. Pereira (2014) ao secar sementes de melão em secador convectivo de leio fixo para a obtenção de farinha e utilizá-la para a confecção de bolo, relatou valor de 6,13% b.u. A secagem no secador solar obteve menores valores de umidade durante a secagem quando comparado com a secagem ao ar livre, diferindo estatisticamente em todos os valores entre 2 às 10 h de secagem, assim confirmando o bom desempenho do secador solar, que além de ter sido construído com material reciclado, proporciona uma maior secagem e protege o produto de animais, sujeira e gotículas de água. Andiön-Torres et al. (2012) fabricaram um secador solar tipo gabinete e realizaram o teste secando casca de laranja dentro e fora do secador, a umidade final do produto foi 6,7 e 8,4% b.u., respectivamente. Mendonça et al. (2015) na desidratação em secador solar de sementes de andiroba atingiu o teor de umidade final de 12,8% para a variedade *C. surinamensis* e 13,92% para a variedade *C. guianensis*.

Através da Tabela 1 é possível também observar os valores da atividade de água, que de acordo com a diminuição da umidade também tendem a reduzir seus valores. Os grãos secos no secador diferiram estatisticamente dos grãos secos ao ar livre. Os valores inferiores dos grãos secos no secador solar são interessantes e importantes para a indústria alimentícia, pois a faixa ideal de atividade de água

para armazenamento é em torno de 0,3. De acordo com Perusselo (2008) valores inferiores a 0,3 evitam reações que degradam as enzimas e imobiliza o metabolismo microbiológico em produtos alimentícios. Com isso podemos confirmar que a secagem realizada no secador solar indicou boas condições de conservação e diminuição de reações degradativas do produto para o tempo de 8h de secagem, que indicam a secagem de 6h AM até 14h PM.

A partir das 16h PM (tempo de secagem 10h) a temperatura diminuiu devido a inclinação que se apresentava o sol, marcando uma temperatura de 35°C dentro do secador e 27,7°C fora, devido a esse fenômeno é possível observar que tanto a umidade como a atividade de água, as duas situações de secagem, aumentaram. Esse fato ocorre, pois, a pressão de vapor é inversamente proporcional a temperatura, então quando a temperatura baixa, o ar tende a ficar mais úmido, consequentemente fazendo com que os grãos entrem em equilíbrio tanto com a temperatura mais baixa como com a maior umidade do ar, ou seja, os mesmos absorveram umidade. Indicando que o tempo máximo e ideal para a secagem é até 8 horas, ou seja, até as 14hs.

Conclusão

O secador solar fabricado a partir de material reciclado teve um melhor desempenho na desidratação das sementes de melão quando comparado a secagem ao ar livre, reduzindo a umidade e atividade de água do grão a valores seguros para o armazenamento, além de proteger o produto no seu interior de animais, insetos, gotículas de água e sujeira.

Referências

- ANDIÓN-TORRES, M. SC. R.; RODRÍGUEZ, J. A. S.; RICARDO, M. S. C. C. B. Evaluación experimental de un secador solar tipo Gabinete para el secado de hollejo de naranja, *Tecnología Química*, v.32, n.2, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos, Brasília: Ministério da Saúde, 1017f, 2005. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf?attach=true.
- GU, Y.; WU, Y.; XU, M.; MU, X.; ZUO, T. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) recycling for a sustainable resource supply in the electronics industry in China, *Journal of Cleaner Production*, v.127, p.331-338, 2016.
- MENDONÇA, A. P.; SAMPAIO, P. T. B.; ALMEIDA, F. A. C.; FERREIRA, R. F.; NOVAIS, J. M. Determinação das curvas de secagem das sementes de andiroba em secador solar, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.4, p.382-387, 2015.
- MENEGHETTI, V. L.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C.; POHNDORF, R. S. Modelos matemáticos para a secagem intermitente de arroz em casca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.10, p.1115-1120, 2012.
- OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.2, 2011.
- PALACIO-F, A. J.; CADAVID, B. E.; AGUDELO, D. E. Sistema tipo marquesina de doble cámara, para el deshidratado de plantas aromáticas y medicinales empleando energía solar, *Revista Politécnica*, v.12, n.22, p.51-55, 2016.
- PEREIRA, H. L. S. Aceitabilidade e composição centesimal de bolo de chocolate (tipo mãe benta) isento de glúten e lactose fortificado com farinha de sementes de melão (*cucumis melo*). TCC (Graduação em Nutrição). Universidade Federal do Maranhão. Campus do Bacanga, 2014.
- PERUSSELO, C. A. Estudos dos parâmetros de processo e modelagem numérica da secagem do resíduo sólido da produção do extrato hidrossolúvel de soja (okara). 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Católica do Paraná. 2008.
- PHUSAMPAO, C.; NILNONT, W.; JANJAI, S. Performance of a Greenhouse Solar Dryer for Drying Macadamia Nuts, *Green Energy for Sustainable Development (ICUE)*, 2014, Anais...International Conference and Utility Exhibition on, p.1-5, 2014.
- SAIN, P.; SONGARA, V.; KARIR, R.; BALAN, N. Natural Convection Type Solar Dryer with Latent heat storage, *Anais...Renewable Energy and Sustainable Energy (ICRESE)*, p.9-14, 2013.

- SILVA, T. S. Estudo de um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Natal, 2013.
- SILVA, F. DE A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. DE. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: World Congress On Computers In Agriculture, 7, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- YIN, J.; GAO, Y.; XU, H. Survey and analysis of consumers' behavior of waste mobile phone recycling in China, Journal Clean. Prod. v.65, p. 517-525, 2014.
- ZHANG, L.; YUAN, Z.; BI, J. Predicting future quantities of obsolete household appliances in Nanjing by a stock-based model. Resour. Conservation Recycl, v.55, n.11, p.1087-1094, 2011.