

ENERGIA SOLAR: USO SUSTENTÁVEL NA AGRICULTURA PIAUIENSE

JACINETE PEREIRA LIMA^{1*}, MARLENE GOMES DE FARIAS² RAUENE RAIMUNDA DE SOUSA³
JULIANNE VIANA FREIRE PORTELA⁴ ALBEMERC MOURA DE MORAIS⁵

¹Doutoranda, UFCG, Campina Grande-PB, jacinetelima@hotmail.com

² Graduanda em Bacharelado em Nutrição, Bolsista PIBEX/UFPI, Picos – PI, marlene.gomes.farias@gmail.com

³ Graduanda em Bacharelado em Nutrição, Bolsista PIBEX/UFPI, Picos – PI, rauensouza@hotmail.com

⁴ Professora Curso Bacharelado em Nutrição, Orientadora PIBEX/UFPI, Picos – PI, E.mail:
julianneportela@ufpi.edu.br

⁵ Doutor. Diretor Técnico- científico da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI),
albmerc@ufpi.edu.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016

29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: A energia solar apresenta característica particular por ser limpa, visto que não liberam resíduos na atmosfera, é renovável, gratuita e de grande potencial, estando abundante e disponível em quase todo o Brasil e principalmente no Nordeste. O uso de desidratador solar permite que o beneficiamento de frutas possa ser realizado com baixo capital inicial, baixo custo de operação e de manutenção de equipamentos. O estudo de desidratação solar foi conduzido no município de Picos-PI, na universidade federal do Piauí, com cajus e tamarindo, foram selecionada, higienizada, cortada e disposta no desidratador, pesadas em intervalos de tempo (15, 30 e 60 minutos). O uso de energia solar para desidratação dos frutos foi empregada por radiação indireta, convergida por meio do vidro que retinha o calor sob forma de energia térmica que proporcionava o processo de perda de umidade com a conversão do ar quente no interior do desidratador. Os resultados a partir foram obtidos pelos gráficos do adimensional de umidade em função do tempo. Foi estimado o tempo necessário para expos frutos ao sol e o obtido o ponto de equilíbrio dos mesmos, o caju com 405 minutos e tamarindo com 705 minutos, em temperatura média de 40°C.

PALAVRAS CHAVES: desidratação solar, frutos, beneficiamento.

SOLAR ENERGY: SUSTAINABLE USE IN AGRICULTURE PIAUIENSE

ABSTRACT: Solar energy presents particular feature to be clean, as they do not release waste into the atmosphere, is renewable, free and great potential, being abundant and available almost everywhere in Brazil and especially in the Northeast. The use of solar dehydrator allows the processing of fruit can be performed with low initial capital cost of equipment operation and maintenance. The study of solar dehydration was conducted in the city of Picos-PI, the Federal University of Piauí, with cashews and tamarind were selected, sanitized, cut and arranged in the dehydrator, heavy at time intervals (15, 30 and 60 minutes). The use of solar energy for dehydration of fruits was employed by indirect radiation converged by the glass retained in the heat thermal energy so that gave the moisture loss of pain conversion process with warm air inside the dehydrator. The results were obtained from the graphs of moisture dimensionless function of time. It has been estimated the time required for fruit exposed to the sun and the obtained equilibrium point thereof, cashew tamarind of 405 minutes and 705 minutes with an average temperature of 40 ° C.

KEYWORDS: solar dehydrating, fruits, processing.

INTRODUÇÃO

A energia solar apresenta características particulares de ser limpa, visto que não libera resíduos na atmosfera, renovável, gratuita e de grande potencial, estando largamente disponível em quase todo o Brasil e principalmente no Nordeste, onde se tem sol por quase todo o ano (Machado et

al., 2011). O estado do Piauí apresenta grande potencial de aproveitamento da energia solar de forma térmica e fotovoltaica em vários processos, sejam estes, na secagem de frutos, no aquecimento de água para uso industrial e doméstico, e também na conversão de energia solar em elétrica para local onde a rede elétrica de energia tem difícil alcance (Sinício, 2006).

O uso de desidratador solar permite que o beneficiamento de frutas possa ser feito com baixo capital inicial, baixo custo de operação e de manutenção de equipamentos, além de exigir apenas um treinamento básico para sua operação. A energia solar em substituição à elétrica na desidratação de frutas em empreendimentos agroindustriais pode ter consequências favoráveis tanto em termos econômicos e ambientais quanto de inclusão social, pois permitem maior participação de pequenos produtores no processamento industrial de frutas, com potencialidade no aumento da renda destes e incentivo a novos empreendimentos (Ricci et al., 2012; Silva, 2010).

O desenvolvimento de tecnologia para o aproveitamento da energia solar é extremamente importante frente à escassez das fontes de energias fósseis, normalmente utilizadas e de seu grande poder poluidor, que acarreta danos ao meio ambiente e prejudica a saúde da população, por se tratar de energia renovável, a viabilidade em relação ao meio ambiente torna-se de extrema importância (Machado et al., 2010; Silva, 2010). Este processo utiliza energia térmica para remover parte ou quase a totalidade da água das frutas, representando, em especial a desidratação solar, um processo de baixo custo para implementação na agricultura familiar (Alessi, 2010).

Portanto, o presente trabalho teve o objetivo de aproveitamento do uso da energia solar apresentando uma alternativa eficiente a desidratação de frutas (caju e tamarindo).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de desidratação solar foi conduzido no município de Picos-PI. As etapas de preparo das amostras e pesagens foram realizadas nos Laboratório de Bromatologia, Bioquímica de Alimentos (LBBA) e de Técnica Dietética (LTD) do Campus Senador Helvídio Nunes de Barros (CSHNB), da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Os cajus e os tamarindos adquiridos no município de Picos-PI e transportados até o LBBA/CSHNB/UFPI.

Os cajus foram previamente selecionados de acordo com o grau de maturação, coloração da casca vermelha e ausência de danos físicos. Foram lavados para retirar impurezas e higienizados com água clorada (200 mg.L^{-1} por 15 minutos), sendo em seguida, retirada a castanha. Os pedúnculos foram cortados em rodela de 5 mm de espessura, sendo as amostras pesadas em balança semi analítica, para obtenção do peso inicial e, em seguida, foram transferidas para o desidratador solar e submetidas ao processo de secagem. O processo de secagem foi conduzido de 21 a 24 de agosto de 2015, de 08:00 h da manhã as 17:00 h da tarde, sendo a temperatura mensurada durante todo o processo, por meio de termômetro mantido dentro do equipamento, variando de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ a $68 \text{ }^\circ\text{C}$. Ao término do dia essas amostras foram conduzidas para passarem a noite em dessecadores para não adquirir umidade. Durante a operação de secagem solar foram efetuadas pesagens periódicas de 15 minutos (7 intervalos), 30 minutos (6 intervalos), 60 minutos (7 intervalos) e 120 minutos (2 intervalos) até a amostra atingir o equilíbrio dinâmico com o ar de secagem, ou seja, massa constante, e então, foi determinada a matéria seca do pedúnculo do caju.

Os tamarindos passaram pelo mesmo processo de higienização descrito para o caju. Para a secagem casca foi removida e o fruto com sementes foi pesado em balança semi-analítica, para obtenção do seu peso úmido (massa inicial). As amostras foram dispostas no desidratador solar e submetidas ao processo de secagem, sendo efetuadas pesagens periódicas nos seguintes ciclos de intervalos de tempo: a cada 15 minutos (7 intervalos), a cada 30 minutos (6 intervalos), a cada 60 minutos (7 intervalos) e a cada 120 minutos (4 intervalos) até atingir o equilíbrio dinâmico com o ar de secagem, ou seja, peso constante. Tal processo foi conduzido de 21 a 24 de agosto de 2015, de 08:00 h da manhã as 17:00 h da tarde, sendo a temperatura mensurada durante todo o processo, por meio de termômetro mantido dentro do equipamento, variando de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ a $68 \text{ }^\circ\text{C}$ e a temperatura ambiente foi em média 40°C . Ao término do dia essas amostras foram conduzidas para passarem a noite em dessecadores para não adquirir umidade. Ao final, as amostras foram conduzidas à estufa à vácuo (70°C) para obtenção da matéria seca.

A cinética de secagem foi estudada mediante as curvas do adimensional de umidade em função do tempo de processo (Equação 1), bem como pelas curvas de taxa de secagem (dX/dt) a qual foi calculada pela derivada da umidade em relação ao tempo (Equação 2):

$$RX = \frac{X(t) - X_e}{X_o - X_e} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

RX = razão do teor de água, adimensional;

$X(t)$ = teor de água do material em determinado tempo de secagem;

X_o = teor de água do material no início do processo;

X_e = teor de água do material no momento de equilíbrio dinâmico.

$$\text{Taxa de secagem} = \frac{dx}{dt} = \frac{X_{n-1} - X_n}{t_{n-1} - t_n} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

t = tempo (minutos)

n = número de leituras

dX/dt = taxa de secagem ($\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{ms}}.\text{min}$)

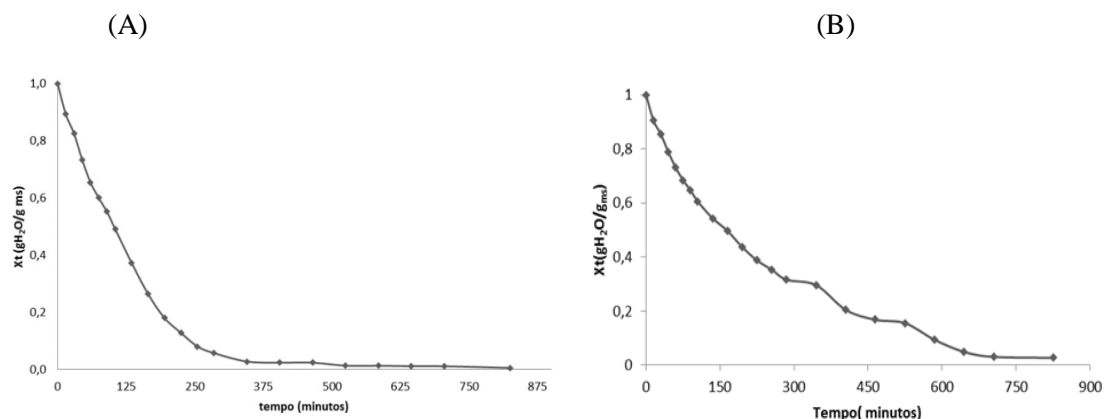
X_n e X_{n-1} = umidade ($\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{ms}}$) no tempo n e no tempo $n-1$.

A cinética e a taxa de secagem foram estudadas por meio de gráficos elaborados utilizando o programa Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de energia solar para desidratação dos frutos foi empregada por radiação indireta, convergida por meio do vidro que retinha o calor sob forma de energia térmica que proporcionava o processo de perda de umidade com a conversão do ar quente no interior do desidratador. As Figuras 1A e 1B apresentam a cinética de desidratação solar do pedúnculo de caju e do fruto do tamarindo, respectivamente, por meio do adimensional de umidade em função do tempo de processo.

Figura 1: Adimensional de umidade em função do tempo para o processo de desidratação solar do pedúnculo de caju (A) e do tamarindo (B).



O gráfico de adimensional de umidade representa o período de taxa decrescente de secagem. Tem início quando a quantidade de água começa a ser mínima na superfície do sólido e a velocidade de secagem diminui. Segundo (Barbosa et al., 2011) mostram que há dois tipos de período de taxa de secagem, um constante, outro decrescente. A troca de calor não é mais compensada e,

consequentemente, a temperatura do produto aumenta e tende a se igualar à temperatura do ar. Durante todo este período, o fator limitante é a migração interna de água. A redução da taxa de secagem é devido ao abaixamento da pressão parcial de vapor de água na superfície do sólido. Ao final deste período o produto estará em equilíbrio com o ar de secagem e a velocidade de secagem é nula (Keey, 1972). O equilíbrio no presente estudo foi alcançado a 405 minutos de processo.

No gráfico da figura 1 o tempo de 405 minutos há constância na pesagem, não havendo perda significativa de umidade chegando ao chamado ponto de equilíbrio do fruto desidratado. Para o tempo de 525 minutos ocorre taxa decrescente de secagem. Estes testes possibilitam verificar o tempo médio que deve se expor o fruto ao sol, para evitar ao produtor exposição desnecessária do fruto ocasionando em perda da qualidade do produto final.

Estudo de secagem do pedúnculo do caju em sistema convencional e solar realizado por Machado et al. (2009), avaliaram a influência dos tipos de secadores e as espessuras das fatias de caju, observaram curvas de secagem, características com as dimensões da amostra e equipamento, relatando que menores espessuras repercutem em menor tempo de processo. Já na utilização de secador cuja radiação é indireta para fatias com espessura de 1 cm, teve secagem com duração de 948 minutos e para fatias de 2 cm sob radiação solar direta teve tempo de 1260 minutos (Machado et al., 2012). No nosso estudos de modelagem e simulação solar do pedúnculo de caju, obteve seu ponto crítico de secagem aos 840 minutos, para rodela de 1 cm de espessura, sob radiação solar direta, que verificou no nosso protótipo com valores abaixo dos mencionados pelos referidos autores, com uma maior eficiência.

Para o tamarindo apresentou resistência em perda de água disponível, pois é caracterizado em possuir pouca água e ser resistente, como também, seu rendimento ao término do experimento foi satisfatório com umidade final de 30 % em relação ao seu peso inicial. Em estudo realizado por (Morais et al., 2012), obtiveram resultados semelhantes para os aspectos do tamarindo ao compararem a desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização, onde encontraram valor de 25, 14% de umidade final para tamarindo. O tempo gasto no experimento de tamarindo foi de 945 minutos, alcançando ponto de equilíbrio aos 705 minutos de processo. Para o tempo de 825 minutos ocorre taxa decrescente de secagem.

Segundo (Machado et al., 2010), embora a velocidade exerça influencia no processo de secagem, não é o parâmetro controlador da secagem. Para esta condição operacional, a resistência externa à transferência de massa pode ser desprezível, o que permite admitir que a secagem é controlada pela difusão de água no interior do fruto e que o controle do processo depende da difusão interna. Esse processo pode ser observado na Figura 1B, onde mostra a secagem em função do adimensional.

CONCLUSÃO

O uso de energia solar convertida à térmica no interior do desidratador solar proporcionou aos frutos um tempo médio de desidratação que viabiliza o beneficiamento destes para o consumo, como também agregação de valor e consequente aumento na renda dos pequenos produtores rurais, investindo assim nesta tecnologia, além de promover queda nos índices de poluição ambiental, por se tratar de uma fonte limpa e renovável e de baixo custo.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Bolsa de Extensão da Pró-reitoria de Extensão da Universidade Federal do Piauí (Bolsa PIBEX/UFPI) pela concessão de bolsa à segunda e terceira autoras.

REFERÊNCIAS

- Alessi, E.S. Tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini-tomates congelados. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010.
- Barbosa, J.R.P. Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2011.
- Key, RB. Secagem: princípios e prática. Oxford: Pergamon Press, 1972. 358p.
- Machado. V.A; Oliveira. L.E; Santos. S.E; Oliveira. A.J; Freitas. M.L. Estudo Cinético da Secagem do Pedúnculo de Caju e um Secador Convencional. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.5, n.1, p. 36 -42, 2012.
- Machado, V.A. Estudo da secagem do pedúnculo do caju em sistemas convencional e solar: Modelagem e simulação do processo. 160 f. Tese (Doutorado em engenharia química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2009.
- Machado. V.A; Oliveira. L.E; Santos. S.E; Oliveira. A.J; Freitas. M.L. Estudo da Influência da Espessura no Tempo de Secagem do Pedúnculo de Caju Em Secadores Solar de Radiação Direta e Indireta. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde De Agricultura Alternativa, v.7, n.1, p. 256 – 263, 2011.
- Machado. V.A; Oliveira. L.E; Santos. S.E; Oliveira. A.J; Freitas. M.L. Estudo da Influência da Espessura no Tempo de Secagem do Pedúnculo de Caju Em Secadores Solar de Radiação Direta e Indireta. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde De Agricultura Alternativa, Mossoró v.5, n.1, p. 36 -42, 2010.
- Moraes, V.R.L; Azevedo, C.L; Santos, L.M.V; Leitão.V.J. Estudo comparativo da desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização. Revista Semiárido De Visu, v.2, n.2, p.254-264, 2012.
- Ricci, M. R; Battisti, J. F; Schmidt, C. A.P. Secador solar: Processo de Desidratação de Frutas com Diferentes Tratamentos Osmóticos. Cadernos de Agroecologia, v. 17, n. 1, 2012.
- Silva, G.D. Viabilidade técnica econômica de secadores solar e elétrico na desidratação de bananas no Estado do Acre. Dissertação (Mestrado em Agronomia) 108 f.– Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal do Acre. Rio Branco, AC: UFAC, 2010.
- Sinício, R. Simulação de secagem de milho em camadas espessas a baixas temperaturas.74f. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.