

## **ESTUDO CINÉTICO DA SECAGEM DO PEDÚNCULO DE CAJU E UM SECADOR CONVENCIONAL**

*Antônio Vitor Machado*

Eng. de Alimentos D. Sc. Professor Adjunto da - UATA /CCTA – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. CEP – 58840-000. Pombal – PB. E-mail: machadoav@ccta.ufcg.edu.br

*Edson Leandro de Oliveira*

Eng. Químico D. Sc. Professor Associado do - CT /DEQ – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. CEP – 59072-970. Natal – RN. E-mail: edson@eq.ufrn.br

*Everaldo Silvino dos Santos*

Eng. Químico D. Sc. Professor Adjunto do - CT /DEQ – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. CEP – 59072-970. Natal – RN. E-mail: everaldo@eq.ufrn.br

*Jackson Araújo de Oliveira*

Eng. Químico D. Sc. Professor Adjunto do - CT /DEQ – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. CEP – 59072-970. Natal – RN. E-mail: everaldo@eq.ufrn.br

*Laerte Moura de Freitas*

Eng. Químico Discente - CT /DEQ – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. CEP – 59072-970. Natal – RN. E-mail: laerte\_moura@yahoo.com.br

**RESUMO:** O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) pertencente à família *Anacardiaceae*, destaca-se entre as plantas frutíferas tropicais, conhecido por castanha de caju e seu pseudofruto, que é o pedúnculo, geralmente chamado apenas caju, sua casca é muito frágil, além de frágil, é altamente perecível, contribuindo assim para a rejeição ou perda de centenas de milhares de toneladas ano, a grande quantidade desperdiçada, aproximadamente 94% de toda produção, apresenta elevado potencial, pois é matéria-prima rica em carboidratos, fibras, vitaminas e sais minerais, além de ser um fruto de elevada aceitação. O pedúnculo de caju é de alto valor nutritivo e por unidade é um dos frutos mais ricos em vitamina C do mundo, e talvez seja o fruto mais barato entre todos os outros cultivados no Brasil. tendo como objetivo o aproveitamento do excedente de matérias prima regional e o conhecimento adequado para a aplicabilidade do sistema de secagem convencional como rota de conservação de alimentos, este trabalho buscou o estudo cinético da secagem do pedúnculo de caju em secador convencional de bandejas com controle de temperatura e da velocidade do ar de secagem, para obtenção do pedúnculo de caju desidratado, promovendo assim o desenvolvimento tecnológico para agregação valor ao caju, minimizando suas as perdas no campo e conseqüentemente aumentando o seu valor agregado e a renda familiar dos produtores.

**Palavras-chaves:** Secagem convencional, pedúnculo de caju

## **ESTUDIO CINÉTICO DEL SECADO DE ANACARDO Y UN SECADOR DE CONVENCIONAL**

**RESUMEN:** (*Anacardium occidentale, L.*) en la familia de las *Anacardiáceas*, figuras un lugar destacado entre las plantas de frutas tropicales, conocidas como el anacardo y su fruto de accesorio, que es el pedúnculo, normalmente se llama anacardo justa, su corteza es muy frágil y quebradizo, es altamente perecederas, contribuyendo así al rechazo o la pérdida de cientos de miles de toneladas al año, el gran cantidad desperdiciado, aproximadamente el 94% de toda la producción presenta un alto potencial porque es materia prima rico en hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales. El pedúnculo de anacardo es de alto valor nutritivo y por unidad es uno de la mayoría frutas ricas en vitamina C en el mundo y tal vez de fruta y barato entre todos los demás cultivadas en Brasil. teniendo como objetivo el uso de materiales de prensa regionales de superávit y conocimientos adecuados a la aplicabilidad del sistema secado convencional como la conservación de alimentos de la ruta, este trabajo buscaron el estudio cinético del secado de anacardo en bandejas secador convencionales con control de temperatura y velocidad de aire de secado para obtener el anacardo deshidratado, promoviendo así el desarrollo de tecnología con valor agregado al anacardo, minimizar sus pérdidas en el campo y en consecuencia aumentar su valor añadido y el ingreso familiar de los productores.

**Palabras-llaves:** Secado convencional, del anacardo

## **KINETIC STUDY OF DRYING CASHEW PULP AND CONVENTIONAL DRYER**

**ABSTRACT:** Cashew (*Anacardium occidentale* L.) in the family *Anacardiaceae*, figures prominently among tropical fruit plants, known as cashew and its accessory fruit, which is the pulp, usually called just cashew, its bark is very fragile and brittle, is highly perishable, thereby contributing to the rejection or loss of hundreds of thousands of tons a year, the large quantity wasted, approximately 94% of all production presents high potential because it is raw material rich in carbohydrates, fibre, vitamins and minerals. The cashew pulp is high nutritive value and per unit is one of most fruits rich in vitamin C in the world, and perhaps fruit and cheaply between all other cultivated in Brazil. Having as goal the use of surplus materials press regional and knowledge appropriate to the applicability of conventional drying system as route food conservation, this work sought the kinetic study of drying cashew peduncle in conventional dryer trays with control of temperature and velocity of air drying, for obtaining the peduncle of cashew dehydrated, thereby promoting the development of technology to aggregate value to cashew, minimizing your losses in the field and consequently increasing their added value and the family income of the producers.

**Key-words:** Drying conventional, cashew pulp

### **INTRODUÇÃO**

A exploração da cultura do caju é considerada uma das principais atividades agroindustriais do Nordeste do Brasil. Como os principais produtos explorados nesta atividade têm-se a amêndoa da castanha de caju, que é industrialmente beneficiada nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, sendo uma das principais fontes de receita na exportação de produtos industrializados para o Estado da Paraíba (TODAFRUTA, 2010).

Outra alternativa para a exploração econômica do caju é a industrialização do seu pseudofruto que é o pedúnculo hipertrofiado e carnoso o hipocarpo. Geralmente o pseudofruto é chamado apenas caju, cuja casca é muito frágil, o que dificulta o seu transporte das áreas de produção aos mercados de consumo ou à indústria. Além de frágil, este produto é altamente perecível, apresentando mecanismos aceleradores de degradação microbiológica contribuindo, assim, para a rejeição ou perda de centenas de milhares de toneladas anualmente, cerca de 2.392.992 toneladas no de 2009 (IBGE, 2009). O potencial de agroindustrialização do pedúnculo do caju permite que dele sejam obtidos diversos produtos da agroindústria de processamento de frutos tais como bebidas, sucos, doces, conservas e etc.

No mercado nacional, o caju (pedúnculo e castanha) tem sido pouco explorado, em razão da facilidade com que o mercado externo absorve quase toda a produção dos dois principais produtos obtidos da castanha, que são a amêndoa e o líquido da casca de castanha (LCC), enquanto o pedúnculo de caju pode gerar uma série de outros produtos como o pedúnculo desidratado, a farinha de caju, o suco, doces, passas, entre outros (UFLA, 2007).

Uma grande dificuldade enfrentada pelos fruticultores é a conservação dos frutos maduros, pois grande parte da colheita é desperdiçada, o pedúnculo de caju apresenta elevados índices de desperdício cerca de 94% de toda sua produção, esta realidade é inaceitável pois este apresenta

elevado potencial de industrialização, é uma matéria-prima rica em carboidratos, fibras, vitaminas e sais minerais (EMEP, 2008). O pedúnculo de caju apresenta-se com um enorme potencial para obtenção de produtos desidratados frente ao seu alto índice de desperdício e de sua excelente qualidade nutricional (ARAGÃO, et al.; 2007).

A desidratação de frutas é um mercado promissor e com grande potencial de crescimento e muito pouco explorado empresarialmente no Brasil (SOUZA, et al., 2007).

A secagem utilizando a energia solar apresenta-se como alternativa de grande interesse pelas suas qualidades e características de ser limpa, gratuita e de grande potencial, largamente disponível em todo o Brasil e principalmente no Nordeste (FERREIRA, et al., 2008).

A secagem do pedúnculo de caju em secadores solar de radiação indireta, com fluxo de ar forçado, é uma alternativa viável na produção de caju desidratado para atender a demanda do mercado consumidor, minimizando as perdas do fruto “*in-natura*” no campo, conseqüentemente aumentando o valor agregado de seus produtos e melhorando a renda dos produtores (MACHADO, 2008).

A conservação de frutas através da desidratação ou secagem é um dos processos comerciais mais usados na conservação de produtos agropecuários, sem que eles percam suas propriedades biológicas e nutritivas. A redução do teor de umidade do produto, e conseqüentemente, de sua atividade de água, tem por objetivo evitar o desenvolvimento de microrganismos e de reações químicas indesejáveis que podem deteriorar o produto tornando-o impróprio para o consumo (MADAMBA, 2007).

Entre as principais vantagens oferecidas pela secagem de frutas está a concentração dos nutrientes e o maior tempo de vida de prateleira. Além disso, o sabor permanece quase inalterado por longo tempo, uma vez que é minimizada a proliferação de microrganismos devido a

redução da atividade de água do produto. A secagem é atualmente empregada não apenas com o objetivo de conservação dos alimentos, mas também para elaboração de produtos diferenciados, como por exemplo, as massas, biscoitos, iogurtes, sorvetes entre outros (FIOREZE, 2004).

Entre os diferentes sistemas de secagem, podem ser citados os secadores mecânicos e o secador solar. Nos secadores mecânicos a energia usada, para o aquecimento do gás de secagem, são oriundas da queima de lenha; da queima de combustíveis fósseis ou ainda pelo uso de eletricidade. Já no secador solar, o gás de secagem é aquecido pela energia do sol e ainda hoje esta energia é a mais utilizada na secagem, principalmente quando se trata de grãos e sementes. A secagem solar tradicional é aquela realizada com o produto exposto a céu aberto sob condições ambientais normais (PARK, 2007).

Segundo AKPINAR et al. (2006), a secagem de alimento é frequentemente, a etapa final do processamento, determinando em grande parte os aspectos de qualidade do mesmo, considerando-se a qualidade da matéria-prima. A condução adequada da operação de secagem, com diversos produtos e boas características de qualidade do produto final, está ligada diretamente ao equipamento utilizado e aspectos como custo inicial, alta eficiência energética, versatilidade na operação dentre outros fatores são levados em conta na seleção deste equipamento de secagem.

Um dos equipamentos bastante versáteis para a secagem de alimentos é o secador de bandejas, onde o produto é disposto em bandejas e submetido a uma corrente de ar aquecido. Após seu surgimento no mercado, o secador de bandejas passou a ser utilizado por pequenas e médias indústrias na de alimentos. A partir do momento que o mercado disponibilizar mais equipamentos com as características citadas acima, certamente haverá um aumento na implantação de indústrias de secagem, por parte de pequenos médios e grandes produtores, associações e cooperativas de produtores e redução nas perdas do excedente da produção dos produtos agropecuários (Gouveia, 2003) e (Machado, 2008).

FIOREZE (2004), afirmam que a secagem de produtos agrícolas consiste em, logo após seu amadurecimento fisiológico, se remover grande parte da água inicialmente contida no produto, a um nível máximo de umidade no qual possa ser armazenado em condições ambientais durante longos períodos, sem perdas de suas propriedades nutricionais e organolépticas (sabor e aroma). Tal efeito é conseguido pela criação de condições desfavoráveis ao desenvolvimento de microrganismos no produto e pela quase total eliminação de suas atividades metabólicas.

A desidratação é um termo amplo referente à remoção de água de um produto por um processo qualquer, exceto pela operação unitária de evaporação. A secagem, por sua vez é um termo mais restrito utilizado para designar a desidratação por meio do emprego de ar aquecido, ou seja, um caso particular da desidratação (Ferreira, 2003). É um processo de transferência simultânea de calor e massa,

onde é requerida energia para evaporar a umidade da superfície do produto para o meio externo convencionalmente o ar. A remoção de água visa prevenir o desenvolvimento de um ambiente favorável ao crescimento de microrganismos e, no caso de grãos, também a infestação por insetos, fatores que normalmente levam à perda dos produtos (Brooker et al., 2004). A desidratação tem como principal objetivo preservar os alimentos por meio da redução de seu teor de umidade, minimizando as perdas causadas por microrganismos, por reações de oxidação, reações químicas e enzimáticas (Sokhansanj e Jayas, 2006) e (Araújo 2004), afirma que os produtos com atividade de água na faixa de 0,2 a 0,4 não sofrem reações degradativas e crescimento microbiano.

Entre os objetivos deste trabalho temos o estudo da secagem do pedúnculo do caju em um secador convencional de bandejas (dimensionado e montado no Laboratório de Energia Alternativa e Fenômenos de Transporte (LEAFT) do departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN), tendo como propósito principal desta pesquisa o aproveitamento do excedente de matéria-prima regional e o conhecimento adequado para a aplicabilidade dos sistemas de secagem como rota de conservação dos alimentos. Ressalta-se que além da diversidade de produtos provenientes do processamento do pedúnculo de caju e da potencialidade de aproveitamento econômico destes, a agroindústria do caju tem ainda um grande impacto sócio-econômico, em virtude do grande número de empregos gerados nas atividades agrícolas, industriais e comerciais, gerando renda e fixando o homem ao campo. Assim, a exploração do cajueiro apresenta-se como uma alternativa para melhoria da qualidade de vida do homem do campo, notadamente nas regiões mais pobres do Nordeste do Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Neste trabalho foram utilizados pseudofrutos do cajueiro previamente selecionados de acordo com o grau de maturação, coloração da casca e ausência de danos físicos, após a lavagem e sanitização foram retiradas as castanhas, cortados em fatias de 1 e 2 cm de espessura, a determinação do teor de umidade foi realizado pelo método da estufa a 70°C até peso constante.

O equipamento utilizado para secagem das fatias foi um secador convencional de bandeja, a câmara de secagem formada por uma coluna retangular composto de um soprador de 4 cv que força uma corrente de ar através de uma caixa com quatro resistências, para aquecimento e redução da umidade relativa do ar de secagem, as fatias foram colocadas em uma bandeja centralizada com a parte de baixo em tela de malha fina, todo o conjunto em aço inox, através da câmara, passava um fluxo de ar perpendicular a bandeja, com temperatura e velocidade previamente estabelecidas, em intervalos regulares de tempo a bandeja era retirada, pesada rapidamente e recolocada no secador, este procedimento foi repetido até

atingir o equilíbrio. Para cada uma das condições estudadas foram obtidas as curvas de secagem com temperaturas variando de 55°C, 65°C e 75°C e velocidade do ar de secagem de 3 e 6 m s<sup>-1</sup> e espessura da fatia de 1 e 2cm.

O coeficiente de difusão efetiva foi determinado utilizando-se a solução analítica da equação da segunda lei de Fick para placa plana, assumindo que a umidade migra somente por difusão, que o encolhimento é desprezível conforme equação abaixo (CRANK, 1975).

$$RU = \frac{U(t) - U_e}{U_o - U_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp\left[-\frac{(2i+1)^2 \pi^2 \cdot Def \cdot t}{4L^2}\right]$$

Onde:

$RU$  é a razão de umidade (adm).

$U(t)$  é a variação da umidade (%b.s.) com o tempo.

$U_e$  é a umidade de equilíbrio (%b.s.).

$U_o$  é a umidade inicial (%b.s.).

$Def$  é o coeficiente de difusividade efetiva (m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>).

$L$  é a espessura da fatia (m).

A FIGURA 1 mostra o secador convencional de bandeja utilizado neste experimento.

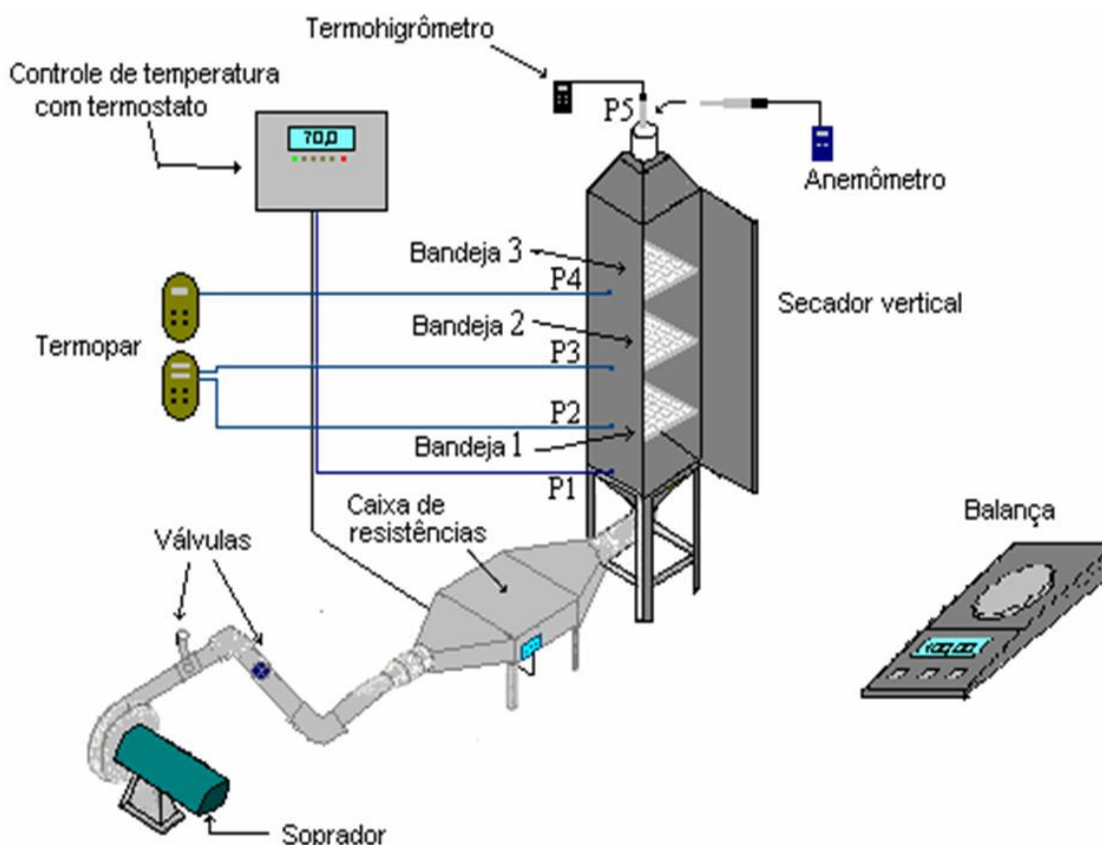


FIGURA 1 - Secador convencional de bandeja.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao término da secagem, as fatias de caju obtidas apresentaram-se com ótimas características sensoriais, sabor e aroma agradável, com aspecto visual de cor amarela clara, sem vestígios de obscurecimento e mantendo as características avermelhadas da casca. As fatias de caju secas apresentaram textura crocante não apresentando consistência elástica.

O comportamento cinético durante a secagem do pedúnculo de caju está representado nas FIGURAS 2 e 3 que mostra as curvas de secagem sob diversas condições operacionais de temperatura e velocidade do ar, com evolução de umidade na base seca em função do tempo de secagem.

As curvas de secagem mostram que a cinética define bem o processo característico da secagem do pedúnculo de caju. Apresentando, no início do processo, um maior período de aquecimento quando a espessura da fatia é de 2 cm e a velocidade é 3 m/s. Em seguida, pode-

se verificar um período de velocidade constante com um decréscimo acentuado da umidade, moderando-se em seguida e se estabilizando ao final da secagem até o equilíbrio. De acordo com o exposto acima, observa-se que a velocidade, embora exerça influência no processo, 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 das fatias de caju e que o controle do processo depende da difusão interna.

Mediante a comparação das curvas de secagem obtidas podemos notar que o tempo de secagem diminui significativamente com aumento da temperatura e com a diminuição da espessura das fatias de pedúnculo de caju. Mostrando-se que a temperatura e a espessura das fatias são fatores limitantes no tempo final de secagem do pedúnculo de caju.

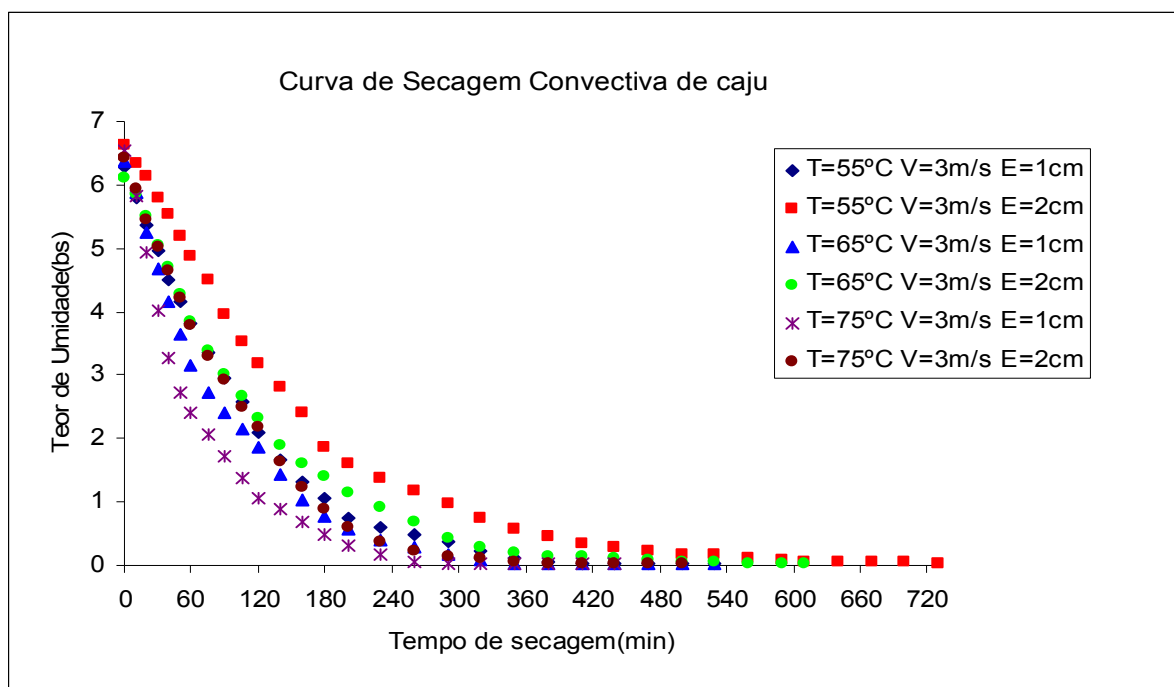


FIGURA 2 Curva de secagem convectiva de fatias de pedúnculo de caju obtidas sob diferentes condições de temperatura e umidade, evolução da umidade na base seca em função do tempo de secagem.

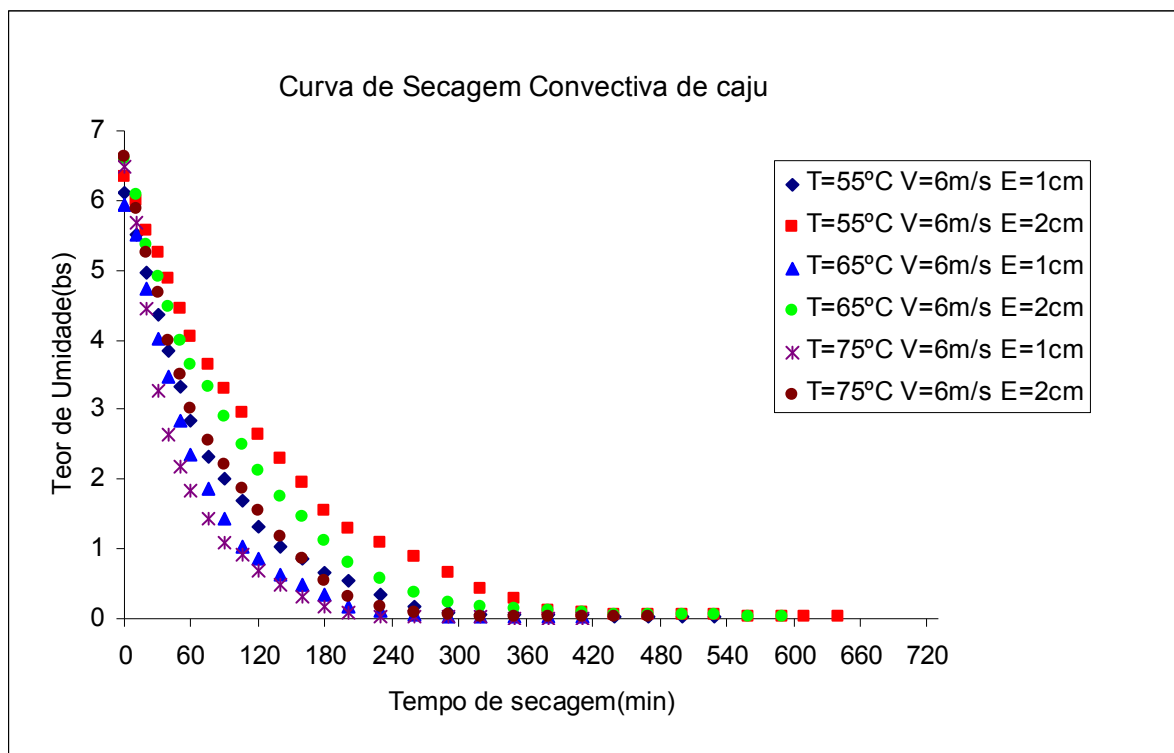


FIGURA 3 Curvas de secagem convectiva de fatias de pedúnculo de caju obtidas sob diferentes condições de temperatura e umidade, evolução da umidade na base seca em função do tempo de secagem.

## CONCLUSÕES

A secagem convencional do pedúnculo de caju demonstrou obter produtos de excelente qualidade. A temperatura, a velocidade do ar de secagem e a espessura das fatias de caju são parâmetros importantes para redução do tempo final de secagem.

A secagem solar do pedúnculo de caju em secadores convencional de bandeja apresenta-se como uma alternativa viável para secagem do pedúnculo de caju, demonstrando assim ser um método eficiente para sua conservação tendo como consequência a redução de suas perdas no campo e promoção da agregação de valor ao fruto desidratado e o aumentando a renda familiar dos produtores do Nordeste.

## REFERÊNCIAS

AKPINAR, E.K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin-layer drying of red pepper. *Journal of Food Engineering* 59, p. 99-104, 2006.

ARAÚJO, F.M.M.C.; MACHADO, A. V. Avaliação bioquímica do pedúnculo de caju (*Anacardium*

*Occidentale, L.*). Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CBCTA), Belo Horizonte – MG, v.3, p. 44-51, (2008).

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. *Drying cereal grains*. 2.ed. Westport: The AVI Publishing Co, p.265, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 4, p.533, 2004.

Aragão, R.F.; Asina, O.L.S.; Guedes, A.M. *Estudo experimental da secagem de fatias de caju*. In: Alimentos Ciência e Engenharia, v.16(3), p. 302-307, (2007).

CRANCK, J. *The mathematics of diffusion*. Pergamon, 2 ed. Oxford: University Press Oxford, p.414, 1975.

Emepa. Caju < <http://www.emepa.org.br/sigatoka.php> >  
Data de Edição: 25/06/07. Acesso em 14 de outubro de (2008).

**FAO, Food And Agriculture Organization Of the United Nations.** Summary of Food and Agriculture Statistics. Disponível em <http://www.fao.org> , acessado em setembro de 2008.

FERREIRA, A. G.; et al. *Technical feasibility assesment of a solar chimney for food drying.* Solar Energy. Vol. 82 p.44-52 (2008).

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos,** João Pessoa. Editora Universitária - UFPB, p.229, 2004.

GOUVEIA, J. P. G. de, MOURA, R. S. F. de, ALMEIDA, F. de A. C.; OLIVEIRA, A. M. de V.; SILVA, M. M. da. Avaliação da cinética de secagem de caju mediante um planejamento experimental. Campina Grande: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 471-474, 2003.

MACHADO, A.V.; OLIVEIRA, E.L.; SANTOS, E.S.; OLIVEIRA, J.A. *Influência da espessura com o tempo de secagem em sistemas solar de radiação direta e indireta.* **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CBCTA)**, Belo Horizonte – MG, v.3, p. 44-51, 2008.

MACHADO, A.V.; ARAÚJO, F. M. M. C. **Avaliação bioquímica do pedúnculo de caju (*anacardium occidentale*, L)** Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CBCTA), Belo Horizonte – MG, v.3, p. 88-92, 2008.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. **The thin-layer drying characteristics of garlic slices.** Journal of Food Engineering v.29, p.75-97, 2007.

Oliveira, F.M.N.; Silva, A.S.; Alemida, F.A.C. *Influência do branqueamento no processo da cinética de secagem do caju.* In: I Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais (SBPCFT), v.4, p. 23-29 João Pessoa-PB, (2005).

PARK, K. J.; COLATO, A.; OLIVEIRA, R. A. **Conceitos de processos e equipamentos de secagem.** Campinas, v. 1, 2007.

SINÍCIO, R. **Simulação de secagem de milho em camadas espessas a baixas temperaturas.** Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa – MG, p.74, 2006.

Souza, M. C. M.; Rodrigues, T. H. S.; Rocha, M. V. P.; Gonçalves, L. R. B. *Cinética de secagem do caju.* In: I Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais (SBPCFT), v.4, p. 52-57 João Pessoa-PB, (2005).

Souza, I. G. M. *Obtenção de tomates secos utilizando um sistema de secagem solar construído com materiais alternativos.* 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica; v.6, p. 135-139, Cusco, (2007).

SOKHANSANJ, S.; JAYAS, D.S. Drying of foodstuffs. In: Mujumdar, A.S. **Handbook of industrial drying.** 2.ed. New York: Marcel Dekker, v.1, p.589-626, 2006.

**TODAFRUTA** (2010). Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>> Acesso em 16 mar. 2009.

**Universidade Federal de Lavras – UFLA** (Núcleo de Estudo).[http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=1380](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=1380) Acesso em 27/10/08. Data Edição: 21/01/2007.