

VI-206 - APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE FRUTA PELO PROCESSO DE SECAGEM COMO ALTERNATIVA DE REDUÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Suênio Anderson Feliciano da Silva ⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Bolsista de Iniciação Tecnológica pelo Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq).

Ligia Maria Ribeiro Lima ⁽²⁾

Doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal da Paraíba (UFCG). Professora Doutora do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UEPB.

William de Paiva ⁽³⁾

Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor Doutor do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UEPB

Helvia Waleska Casullo de Araújo ⁽⁴⁾

Doutorado em Biotecnologia pela Rede Nordeste em Biotecnologia (RENORBIO). Professora Doutora do departamento de Química da UEPB.

Marcello Maia de Almeida ⁽⁵⁾

Doutorado em Engenharia de Processos pela UFCG. Professor Doutor do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UEPB.

Endereço ⁽¹⁾: Josefa Ferreira da Silva, 35 - Córdula Veloso Borges - Mogeiro - PB - CEP: 58.375-000 - BRASIL - Tel: (83) 9623-1913 - e-mail: sueniof@gmail.com

RESUMO

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) estima que o Brasil joga no lixo, anualmente, 26,3 milhões de toneladas de comida. Estes resíduos contêm muitas substâncias de alto valor e quando empregada uma tecnologia viável, este material pode ser convertido em produtos comerciais ou matérias-primas para processos secundários. Assim, este trabalho teve por objetivo reduzir os impactos causados no meio ambiente pela má disposição, utilizando a Tecnologia de Secagem para seu aproveitamento. Os experimentos foram realizados no Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) em Campina Grande-PB. As amostras de alimentos foram de resíduos da goiaba (*Psidium guajava* L.), obtidas do processamento da fruta *in natura*. A secagem do resíduo realizou-se numa estufa com circulação de ar, e as condições operacionais usadas foram levadas em conta o efeito da área e da temperatura de secagem, mediante bandejas com diâmetros de 10 cm, 15 cm e 20 cm e as temperaturas variaram de 50, 65 e 80 °C. Observou-se que quanto maior a temperatura do ar em circulação, maior é a taxa de secagem e, conseqüentemente, mais rápida a perda de conteúdo de umidade no início do processo de secagem. O modelo de Fick mostrou-se satisfatório nos minutos iniciais. Além disso, o aproveitamento mostra-se numa maneira promissora para obtenção de uma farinha com fins de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Secagem, aproveitamento de fruta, impacto ambiental.

INTRODUÇÃO

A fruticultura mundial foi responsável pela produção de 504,966 milhões de toneladas em 2005, sendo o Brasil terceiro maior produtor de frutas, com uma produção acima de 35 milhões de toneladas, ou seja, cerca de 5% da mundial, atrás apenas da China e Índia. A região Nordeste foi responsável pela maior parte da produção de frutas tropicais, destacando-se o abacaxi, o abacate, a banana, o caju, o coco, o mamão, a manga, o maracujá, a uva, a acerola e a goiaba. (UCHÔA, 2007).

Nesse âmbito, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) estima que o Brasil joga no lixo, anualmente, 26,3 milhões de toneladas de comida, enquanto uma grande parcela de pessoas de 15 milhões de brasileiros, não tem o que comer. Na área de frutas e legumes, estas perdas chegam a 25% da produção total. Aliado ao desperdício e combate à desnutrição, há também a crescente preocupação com o descarte destes resíduos, que podem levar a problemas ambientais pela presença de substâncias de alto valor orgânico, potenciais fontes de nutrientes para microrganismos, além das perdas de matéria-prima e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição. As indústrias alimentícias

brasileiras produzem resíduos que poderiam ter uma finalidade muito mais benéfica ao homem e ao meio ambiente, pois maiores quantidades de vitaminas e sais minerais de muitos alimentos se concentram nas cascas de frutas, sementes e rejeitos. Estes resíduos contêm muitas substâncias de alto valor. Assim, quando empregada uma tecnologia viável, este material pode ser convertido em produtos comerciais ou matérias-primas para processos secundários (KOBORI e JORGE, 2005; LAUFENBERG, et al., 2003).

Atualmente, é perceptível a preocupação com a qualidade ambiental, este aspecto condiciona à viabilização de projetos fundamentados na sustentabilidade do sistema de produção industrial, bem como, consequente redução dos impactos ambientais causados por resíduos culturais, uma vez que, a indústria de alimentos e *Green belts* (cinturões verdes), por exemplo, produzem uma série de resíduos com alto valor de (re) utilização.

OBJETIVOS

Considerando a grande produção de frutas, seu respectivo desperdício e elevada quantidade de nutrientes contidos no seu rejeito (pós-processamento), este trabalho teve como objetivo geral reduzir os impactos causados no meio ambiente pela má disposição no meio ambiente deste resíduo, utilizando a Tecnologia de Secagem para seu (re) aproveitamento. Resíduo este advindo da indústria e mercado central da cidade Campina Grande-PB, com rejeito obtido em laboratório durante a extração da polpa da fruta.

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA), no qual integra o Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) em Campina Grande-PB. Quanto às amostras de alimentos, no primeiro momento foram utilizados resíduos da goiaba (*Psidium guajava* L.), obtidas do processamento da fruta *in natura*. A Figura 1 representa o diagrama de blocos do ensaio experimental, secagem do resíduo cultural - goiaba vermelha (*Psidium guajava* L.):

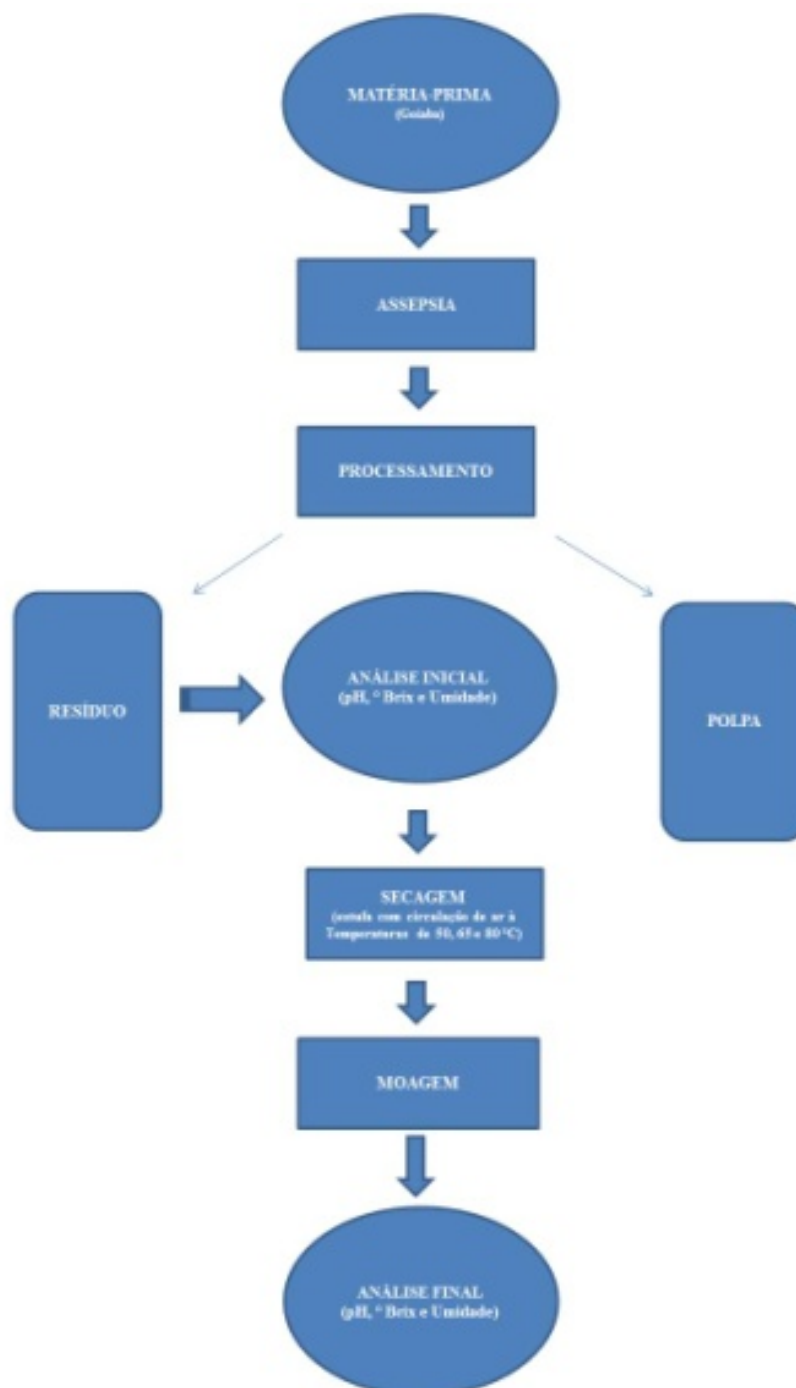


Figura 1: Diagrama de blocos do procedimento experimental.

Para secagem do resíduo utilizou-se uma estufa com circulação de ar (constante) da marca *NOVA ÉTICA*[®], as condições operacionais usadas foram levadas em conta o efeito da área e da temperatura de secagem, isto mediante bandejas inoxidáveis com diâmetros de 10 cm, 15 cm e 20 cm, a sua espessura de aproximadamente 0,8 cm, e as temperaturas variaram de 50, 65 e 80 °C. Como mostra a Figura 1 antes do início da secagem em estufa foram retiradas amostras do produto para determinação do teor de umidade inicial numa balança de umidade *MARTE*[®] e outros parâmetros. Além disso, todas as medidas de massa foram realizadas numa balança analítica *TECNAL*[®] com precisão de leitura de 0,01g.

As leituras em relação à perda de peso da amostra foram realizadas em intervalos de tempo regulares de cinco e cinco minutos na primeira uma hora e trinta minutos. Com isso, à medida que o peso da massa tornava-se

pouco variável esse intervalo foi ampliado. Os experimentos foram realizados em ordem aleatória para garantir a confiabilidade e evitar resultados tendenciosos.

A Tabela 1 mostra os valores codificados e reais das condições experimentais utilizadas. Na Tabela 2 observa-se a matriz do Planejamento Experimental $2^2 + 3$ com três pontos centrais.

Tabela 1: Valores reais e os níveis dos fatores do planejamento fatorial completo - (2^2) + 3 tendências centrais.

Variáveis	Níveis		
	+1	0	-1
Temperatura (°C)	50	65	80
Diâmetro (cm)	10	15	20

Tabela 2: Matriz do planejamento experimental.

Etapas	Temperatura (°C)	Diâmetro (cm)
1	50	10
2	50	20
3	80	10
4	80	20
5	65	15
6	65	15
7	65	15

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudou-se no trabalho a cinética de secagem do resíduo da goiaba em camada fina, analisando a influência direta das variáveis operacionais de temperatura e diâmetro da bandeja. Nesse sentido, através das curvas representadas abaixo, Figura 2 (a) e (b), é bem visto a forte influência da temperatura no processo. Assim, em cada curva verifica-se que quanto maior a temperatura do ar em circulação, maior é a taxa de secagem e, consequentemente, mais rápida a perda de conteúdo de umidade no início do processo de secagem, sendo estabilizado este processo aproximadamente após os 100 minutos iniciais.

Quanto à velocidade do ar de secagem neste estudo considerou-se constante e não foi considerada uma variável operacional, uma vez que segundos estudos realizados por Rodrigues et al. (2002) deixaram claro que esta teve uma pequena influência sobre a taxa de secagem da goiaba, apenas, quando se trabalhou com a temperatura de 100°C, a velocidade de 2,0 m.s⁻¹, contribuindo para que a secagem ocorresse de forma mais rápida nesta condição.

Observamos na Figura 2 (a) a reprodutibilidade dos dados experimentais realizados nas condições operacionais com temperatura (T) de 65 °C e diâmetro da Bandeja (D) de 15 cm, onde as curvas de secagem praticamente apresentam o mesmo comportamento, considerando as Umidades em base seca (U_{bs}) iniciais divergentes. Na Figura 2 (b) observou também a influência de que quanto maior a área de secagem em relação ao diâmetro da bandeja e temperatura de secagem, mais eficiente o processo. Na faixa de temperatura utilizada não se verificou escurecimento do produto obtido.

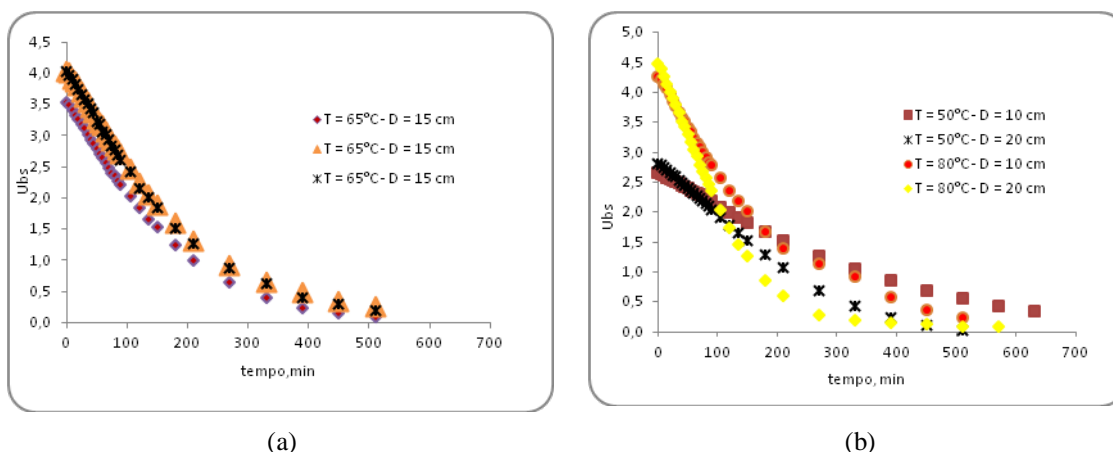


Figura 2: Curvas de secagem - Influencia da temperatura e do Diâmetro da bandeja.

Nesse estudo, para a determinação da umidade de equilíbrio (U_e), construiu-se para cada experimento um gráfico da taxa de secagem em função da umidade em base seca (U_{bs}). Consequentemente, a umidade de equilíbrio foi estimada a partir da evolução da taxa de secagem com o tempo, obtida mediante diferenciação da curva de secagem, conseguida de extrapolação numérica para obter o ponto de taxa de secagem nula, caracterizado pela derivada $dU_{bs}/dt=0$ (DIAS et al., 2011).

As curvas de secagem foram ajustadas a partir da equação do modelo difusional para placa plana. Para efeitos da estimativa do coeficiente de difusão efetivo utilizou-se a solução assintótica para tempos longos, considerando apenas o primeiro termo da série. Assim sendo, a equação resultante é mostrada abaixo:

$$\frac{U(t)-U_e}{U_i-U_e} = U^* = A \cdot \exp(-k \cdot T) \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

$U(t)$: umidade base seca em função do tempo;

U_i : umidade base seca inicial;

U_e : umidade de equilíbrio;

U^* : adimensional de umidade;

A : parâmetro de secagem;

k : constante de secagem;

T : temperatura °C.

As constantes de secagem foram calculadas e encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros do modelo difusional simplificado.

Ensaio	T (°C)	D (cm)	A	k (min ⁻¹)	D _{ef} (cm ² /min)	R ²
1	50	10	1,051	0,00347	9,008E-06	0,9872
2	80	10	1,035	0,00561	1,456E-05	0,9964
3	50	20	1,075	0,00522	1,355E-05	0,9802
4	80	20	1,067	0,00876	2,274E-05	0,9876
5 (PC)	65	15	1,050	0,00632	1,641E-05	0,9933
6 (PC)	65	15	1,051	0,00598	1,552E-05	0,9917
7 (PC)	65	15	1,051	0,00588	1,526E-05	0,9934

Em que: PC - ponto central; D_{ef} - coeficiente de difusão efetivo; R² - coeficiente de determinação.

Apesar das considerações simplificadas do modelo difusional usada, observa-se na Tabela 3 e a partir das figuras 3 (a) e (b) um ajuste satisfatório dos dados experimentais obtidos, principalmente nos primeiros minutos de secagem, como também um coeficiente de determinação próximo à unidade, o que pressupõe que o modelo prediz os dados experimentais. Por outro lado, em tempos mais longos o modelo tende a afastar-se, este fato deve-se talvez a não consideração do fator de encolhimento não ter sido levado em uso. Figura 3(a) mostra a reprodutibilidade dos dados experimentais. Confirma-se também a partir da Tabela 3, que para

temperaturas mais elevadas e maior área de secagem as constantes de secagem são mais elevadas, o que implica numa secagem mais rápida, consequentemente maiores valores do coeficiente de difusão efetivo.

As curvas da cinética de secagem estão apresentadas na forma de adimensional do conteúdo de umidade, $U(t) - U_e / U_i - U_e$ em função do tempo Figura 3 (a) e (b).

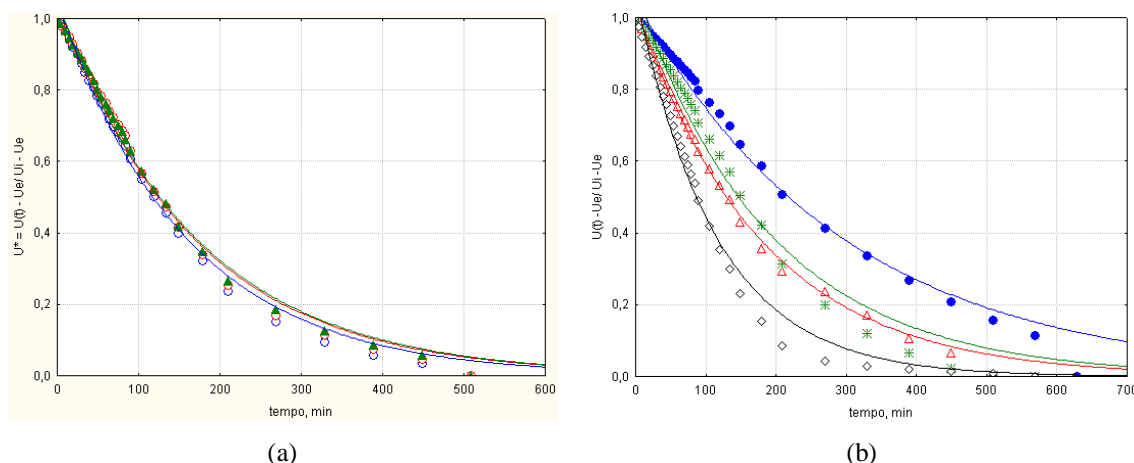


Figura 3: Curvas de adimensional. Figura 3 (a) pontos centrais e 3 (b) demais ensaios.

A representação gráfica das curvas de secagem apresenta comportamento similar, ou seja, assim pressupõe que o processo de secagem ocorre no período de taxa decrescente para as condições estudadas, e não apresentando período à taxa constante, o que pode ter ocorrido pela natureza da umidade, uma vez que, na goiaba mesmo havendo umidade superficial livre, a água pode estar na forma de suspensão de células e de solução (açúcares e outras moléculas), apresentando uma pressão de vapor inferior à da água pura (GOUVEIA et al., 2003).

CONCLUSÃO

A secagem de resíduo de goiaba em estufa com circulação de ar nas condições operacionais utilizadas mostrou-se, de maneira geral, promissora para obtenção de uma farinha com fins de produção de uma ração humana ou animal.

Observou-se na secagem que quanto maior a temperatura e a área de secagem mais rápida é processo de secagem. Bem como o modelo mostrou-se satisfatório nos minutos iniciais.

O modelo Fickiano mostrou-se adequado para representar a secagem, apresentando coeficiente de determinação em torno de 0,99, mesmo sem considerar o efeito de encolhimento que acontece durante a operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIAS, R. A. L.; SOUZA, P. S.; ALSINA, O. L. S. Secagem e Extração de Taninos Totais da Hortelã (*Mentha x vilosa* Hudson). Revista Agrarian, Dourados, v.4, n.12, p.123-133, 2011.
- GOUVEIA, J. P. G.; et al. Determinação das curvas de secagem em frutos de cajá. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, n.1, p.65-68, 2003.
- KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos Óleos de Algumas Sementes de Frutas como Aproveitamento de Resíduos Industriais. Ciênc. agrotec., v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.
- LAUFENBERG, G. Transformation of vegetable waste into added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. Bioresource Technology, v. 87, p.167-198, 2003.
- PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. Journal of Technology Management & Innovation, Chile, v. 2, n. 1, p.118-127, 2007.
- RODRIGUES, M. E. A.; et al. Avaliação da temperatura e velocidade do ar na secagem de goiaba. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.4, n.2, p.141-147, 2002.

7. UCHÔA, A. M. A. Adição de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais na formulação de biscoitos. 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.