



COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO
DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

SECAGEM DE ALIMENTOS UTILIZANDO SECADOR SOLAR DE EXPOSIÇÃO DIRETA CONFECCIONADO COM SUCATAS DE LUMINÁRIA

Luiz Guilherme Meira de Souza¹, lguilherme@dem.ufrn.br
Maria Kalionara de Freitas mota², kalionarafreitas@yahoo.com.br
João Batista de Sousa Costa³, joabatista@hotmail.com
José Rui Peres Barbosa⁴, rui.peres@braskem.com.br
Salomão Sávio Batista⁵, saviotecnologo@gmail.com
Flávio Anselmo Silva de Lima⁶, flavio_ifrn@hotmail.com

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal/RN

Resumo: *Apresenta-se um sistema de secagem solar para a secagem de alimentos constituído por várias unidades de secagem, fabricadas a partir de sucatas de luminárias. O sistema de exposição direta trabalha em regime de circulação natural. Serão apresentados seus processos de construção e montagem desse secador que permite a reutilização de materiais, constituindo-se numa opção ambientalmente correta de reciclagem. As principais características do secador proposto são seu baixo custo e simples processos de fabricação e montagem. Serão apresentados resultados de testes realizados para a secagem de alimentos que atestam as viabilidades térmica e econômica do sistema alternativo de secagem solar proposto, demonstrando a importância social que tal aplicação representa para a população mais excluída uma vez que o valor agregado a frutas, verduras, leguminosas e outros tipos de alimentos em relação ao in natura pode representar uma opção de geração de renda.*

Palavras-chave: *secagem solar, secador de frutas tropicais, baixo custo, reutilização de materiais*

1. INTRODUÇÃO

O grande desafio do mundo globalizado é produzir alimentos para uma população que não para de crescer e alcança seis bilhões e meio de habitantes. Uma vez que as áreas agricultáveis estão diminuindo, a oferta de água para irrigação é escassa e as tecnologias de produção já não conseguem dar mais saltos de produtividade, acredita-se que nas próximas décadas a oferta de alimentos no mundo crescerá menos que a população.

O Brasil é uma exceção neste panorama e surge como uma das grandes forças produtoras no 3º milênio. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás da China (157 milhões de toneladas) e da Índia (54 milhões). Das 39 milhões de toneladas de fruta produzidas, aproximadamente 45% é de laranja (18,3 milhões de toneladas). Em segundo lugar, tem-se a banana, que alcança a marca de 6,5 milhões de toneladas. A produção de laranja e banana atinge, 24 milhões de toneladas, correspondente a praticamente 60% da produção brasileira de frutas (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2005).

A Fruticultura Brasileira movimenta atualmente mais de 10 bilhões de dólares anuais (somente com frutas frescas) e gera produtos de médio e alto valor agregado, considerando a exploração de frutas para exportação e ou frutas nobres.

O clima do Brasil permite a produção de todos os tipos de frutas tropicais e algumas delas proporcionam mais de uma safra por ano. Mas, para que essa perspectiva se realize é necessário superar uma série de dificuldades, entre elas a falta de uma política de defesa fitossanitária em âmbito nacional, a carência de infra-estrutura organizada para as frutas e o sistema tributário da produção, no que diz respeito a ICMS para movimentação entre estados brasileiros (Meloni, 2002).

Apesar da indiscutível necessidade de se aumentar a produção de frutas e ampliar as exportações tornam-se imprescindível reduzir as perdas que ocorrem em toda a cadeia produtiva. Nos países emergentes as perdas são estimadas em 50% para alguns produtos. Nossa realidade não é diferente, desde o produtor até o consumidor, a magnitude das perdas é considerável. Este fato evidencia a urgente necessidade de processos simples e baratos, que possam oferecer caminhos para conservar estes alimentos extremamente perecíveis (Souza, 2004).

Nos últimos anos a secagem solar vem crescendo progressivamente através da otimização de processos e diminuição de custos, provocando um incremento dinamização no mercado de frutas secas. O surgimento de outras

frutas secas, além da banana, como a maçã, o mamão, o abacaxi e a manga, mesmo que em pequenas quantidades, reforçam a afirmativa de que o mercado está em crescimento (Costa, 2008).

Para o combate a esse grave problema de desperdício de alimentos que poderiam ser aproveitados para minimizar os graves problemas sociais ligados à fome e a miséria, o uso da energia solar é imprescindível, pelas suas características de ser limpa, de grande potencial, largamente disponível em todo o Brasil, principalmente no Nordeste, região com maior índice de desigualdade social, e de fácil tecnologia de construção para os protótipos que transformam a energia solar em calor.

Neste trabalho apresenta-se um sistema de secagem composto por secadores de exposição direta, que trabalham em regime de convecção natural. Serão enfocados os processos de fabricação e montagem do secador proposto, construído a partir de sucatas de luminárias.

Serão apresentados resultados de ensaios para secagem de frutas, verduras, legumes e hortaliças que demonstram a viabilidade de utilização de tal secador, cuja característica principal é seu baixo custo. A utilização de tal tipo de secador pode contribuir para um aumento progressivo da secagem solar como forma de geração de emprego e renda.

Para isolar termicamente o secador construído utilizou-se um compósito constituído por gesso, cimento, EPS tritura, raspa de pneu e água, nas seguintes proporções: 1,0 parte de gesso, 1,0 parte de cimento, 1, 5 partes de EPS triturado, 1,0 parte de raspa de pneu + 0,3 parte do volume total da mistura de água.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O secador de exposição direta do sistema de secagem proposto foi construído a partir de uma sucata de luminária tem inclinação de 15,5°S. A área interna do secador onde os produtos serão postos a secar corresponde a 0,0072 m² e o volume interno corresponde a 0,009 m³.

Os processos de fabricação e montagem do secador alternativo de baixo custo proposto apresentam-se descritas a seguir.

1. Retirada dos componentes eletrônicos e fiação da sucata de luminária;
2. Retirada das tampas das testas da luminária para circulação de ar utilizando arco de serra;
3. Colocação do material compósito para isolar termicamente a luminária;
4. Colocação da unidade de secagem produzida ao sol para retirada da água do material compósito;
5. Pintura do secador com tinta esmalte sintético preto fosco;
6. Corte dos segmentos de vidro plano transparente de 3mm utilizando ferramenta de diamante profissional;
7. Colocação de lâminas de vidro sobre a superfície interna do fundo da luminária para colocação das frutas;
8. Colocação do vidro de cobertura da unidade de secagem produzida;
9. Colocação das unidades de secagem em um suporte com a inclinação de 15,5°C.

O sistema de secagem foi ensaiado para secagem direta de tomate, banana, goiaba, quiabo, cenoura e berinjela em regime de convecção natural, sendo levantados dados de radiação solar global, umidade relativa do ar, temperatura ambiente e massas inicial e final de três amostras, localizadas próxima a entrada, no meio e próxima a saída do secador, a cada hora. Foram medidas também as massas inicial e final de cada carga de produto posto a secar e o tempo de secagem de cada produto. Determinou-se o tempo de secagem para cada tipo de produto secado (Fiorezi, 2003, Souza, 2004, Costa, 2008, Neto, 2008, Souza et al., 2007). O sistema de secagem proposto em teste encontra-se mostrado na Figura 1.



Figura 1. Sistema de secagem proposto em teste.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram realizados testes com o sistema de secagem de exposição direta em convecção natural para a secagem de tomate, cenoura, berinjela, quiabo, banana, e goiaba. O quiabo foi colocado inteiro, a banana cortada ao meio longitudinalmente e os outros produtos foram cortados em fatias transversais de 10 mm.

A Tabela 1 apresenta os resultados da secagem do tomate. O percentual de massa úmida do tomate correspondeu a 95,0%, conforme aponta a literatura de desidratação de alimentos. A massa total do tomate a secar foi de 730,5 g. A amostra 1 ficava colocada próxima a entrada do secador, a amostra 2 no meio e a amostra 3 próxima a saída do secador. O início do teste foi as 11:30 horas do dia 03.03 e o reinício do teste foi as 8:00 horas do dia 04.03. Após a secagem do primeiro dia os tomates foram acondicionados em um dissecador para a manutenção da umidade.

Tabela 1. Variação da massa das amostras de **tomate** na secagem direta com convecção natural.

HORA	M _{A1} (g)	Perda A1 (%)	M _{A2} (g)	Perda A2 (%)	M _{A3} (g)	Perda A3 (%)	U _{relativa} (%)	I (W/m ²)
11:30	40,9	0	44,3	0	40,9	0	60	1113
12:30	29,2	28,6	34,4	24,6	27,9	31,8	61	1065
13:30	23,1	43,5	26,5	40,2	21,7	46,9	59	918
14:30	15,9	61,1	22,6	45,0	17,6	57,0	59	707
08:00	15,9	61,1	22,6	45,0	17,6	57,0	72	543
09:00	14,1	65,5	15,7	64,5	10,8	73,6	65	844
10:00	11,5	71,9	12,8	71,1	8,1	80,2	63	1125
11:00	7,9	80,7	8,6	80,6	4,5	88,7	49	1083
12:00	5,9	85,6	6,1	86,2	3,0	92,7	49	1081
13:00	3,2	92,2	2,8	93,7	2,0	95,1	50	935

A perda de massa para as três amostras foram superiores a 90%, sendo a amostra 3 a que mais sofreu redução de massa. Em relação a massa inicial as amostras 1, 2 e 3 ficaram com percentuais de 7,8%, 6,3% e 4,9%, respectivamente. O percentual de massa final ficou abaixo do geralmente pretendido que é em torno de 20,0%. A Figura 2 mostra o comportamento assumido pela perda de massa das amostras de tomate.

No que diz respeito a carga total do tomate, correspondente a 730,5 g, a perda de massa total correspondeu a 85,8%, com massa de produto final de 103,9 g, que correspondeu a um percentual de massa úmida de 13,5%, obtendo-se, portanto, uma perda de massa úmida de 81,5% o que está também cima do geralmente pretendido, com perda de massa úmida de 80%.

Percebe-se que a amostra 3, situada próxima a saída do secador é a que apresenta um maior percentual de massa perdida. O tempo total de secagem para o tomate, na carga testada, ficou em torno de oito horas e está compatível com os tempos de secagem apontados pela literatura para o tomate entre 8 e 10 horas. A umidade relativa do ar apresentou valor médio em torno de 58,7% e a radiação solar global em torno de 941,4 W/m².

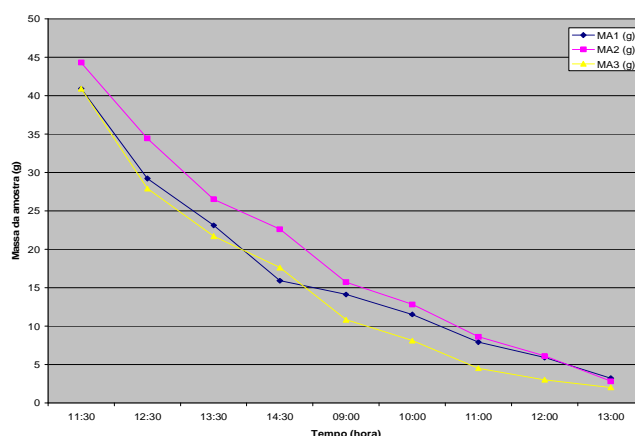


Figura 2. Perda de massa das amostras do tomate na secagem direta em convecção natural.

A Tabela 2 apresenta os resultados da secagem da berinjela. O percentual de umidade da berinjela corresponde a 93%, segundo a literatura de secagem de alimentos. A massa total da carga de berinjela foi de 455,4 g. O início do teste foi as 11:30 horas do dia 05.03 e o reinício do teste foi as 8:00 horas do dia 06.03. Após a secagem do primeiro dia as berinjelas foram acondicionadas em um dissecador para a manutenção da umidade.

Tabela 2. Variação da massa das amostras de berinjela na secagem direta com convecção natural.

HORA	M _{A1} (g)	Perda A ₁ (%)	M _{A2} (g)	Perda A ₂ (%)	M _{A3} (g)	Perda A ₃ (%)	U _{relativa} (%)	I (W/m ²)
11:30	34,9	0	28,1	0	29,1	0	60	1113
12:30	22,7	35	23,9	14,9	22,9	21,3	61	1065
13:30	18,7	46,4	18,8	33	17,9	38,5	59	918
14:30	16,9	51,6	16,4	41,6	15,3	47,4	59	707
08:00	16,9	51,6	16,4	41,6	15,3	47,4	72	543
09:00	12,1	65,3	11,5	59	10,3	64,6	65	844
10:00	10,5	69,9	9,7	65,5	8,7	70,1	63	1125
11:00	8,3	76,2	3,1	89,0	6,1	79,0	49	1083
12:00	6,8	80,5	2,4	91,4	4,7	83,8	49	1081
13:00	4,5	87,1	1,5	94,7	2,3	92,1	50	935

A perda de massa para as três amostras foram superiores a 90%, sendo a amostra 3 a que mais sofreu redução de massa. Em relação a massa inicial as amostras 1, 2 e 3 ficaram com percentuais de 12,9%, 5,3% e 7,9%, respectivamente. O percentual de massa final ficou abaixo do geralmente pretendido que é em torno de 20,0%. A Figura 3 mostra o comportamento assumido pela perda de massa das amostras de tomate.

No que diz respeito a carga total do berinjela, correspondente a 455,4 g, a perda de massa correspondeu a 89,0%, com massa de produto final de 50,2 g, que correspondeu a um percentual de massa úmida de 10,0%, obtendo-se, portanto, uma perda de massa úmida de 83,0%. A literatura aponta um percentual de massa úmida em torno de 7,0% no produto final desidratado.

O tempo total de secagem para a berinjela, na carga testada, ficou em torno de oito horas e a literatura não aponta o tempo de secagem para esse produto. A umidade relativa do ar apresentou valor médio em torno de 58,7% e a radiação solar global em torno de 941,4 W/m². Após a secagem da berinjela foi realizada a sua trituração em liquidificador tipo residencial, produzindo-se farinha de berinjela, mostrada na Figura 4.

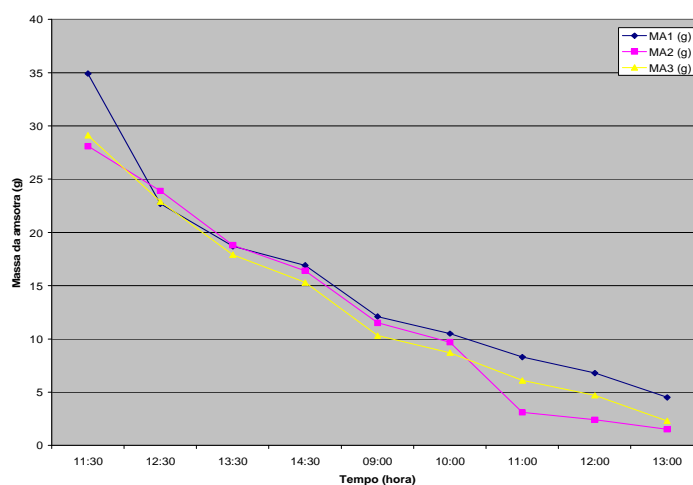


Figura 3. Perda de massa das amostras da berinjela na secagem direta em convecção natural.



Figura 4. Farinha de berinjela produzida após secagem no secador solar proposto.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos parâmetros de secagem para a cenoura. O percentual de umidade da cenoura corresponde a 90,5%, segundo a literatura de secagem de alimentos. A massa total do produto a secar foi de 287,7 g. O início do teste foi as 11:00 horas do dia 03.03 e o reinício do teste foi as 8:00 horas do dia 04.03. Após a secagem do primeiro dia as cenouras foram acondicionadas em um dissecador para a manutenção da umidade.

Tabela 3. Variação da massa das amostras de cenoura na secagem direta com convecção natural.

HORA	M_{A1} (g)	Perda $A1$ (%)	M_{A2} (g)	Perda $A2$ (%)	M_{A3} (g)	Perda $A3$ (%)	$U_{relativa}$ (%)	I (W/m^2)
11:00	30,4	0	28,2	0	29,1	0	61	979
12:00	22,9	24,7	20,2	28,4	19,8	31,9	61	1037
13:00	19,0	37,5	14,8	47,5	14,1	51,5	59	1014
14:00	16,0	47,4	13,3	52,8	12,7	56,3	59	603
08:00	16,0	47,4	13,3	52,8	12,7	56,3	72	490
09:00	14,4	52,6	10,5	62,8	9,8	66,3	65	893
10:00	12,1	60,2	8,8	68,8	7,9	72,8	63	1014
11:00	10,5	65,5	7,5	73,4	6,2	78,7	49	1098
12:00	8,1	73,4	6,6	76,6	5,9	79,7	49	1110
13:00	6,9	77,3	6,0	78,7	5,1	82,5	50	968
14:00	5,6	81,6	5,0	82,3	4,6	84,2	62	623

A perda de massa para as três amostras foram superiores a 80%, sendo a amostra 3 a que mais sofreu redução de massa. Em relação a massa inicial as amostras 1, 2 e 3 ficaram com percentuais de 18,4%, 17,7% e 15,8%, respectivamente. O percentual de massa final ficou abaixo do geralmente pretendido que é em torno de 20,0%. A Figura 5 mostra o comportamento assumido pela perda de massa das amostras de cenoura.

No que diz respeito a carga total da cenoura, correspondente a 287,7 g, a perda de massa correspondeu a 82,5%, com massa de produto final de 50,2 g, que correspondeu a um percentual de massa úmida de 15,8%, obtendo-se, portanto, uma perda de massa úmida de 74,7%. A literatura de produtos desidratados aponta um percentual de massa úmida em torno de 10,0% no produto final desidratado.

O tempo total de secagem para a cenoura, na carga testada, ficou em torno de nove horas e a literatura não aponta o tempo de secagem para esse produto. A umidade relativa do ar apresentou valor médio em torno de 58,7% e a radiação solar global em torno de 941,4 W/m^2 .

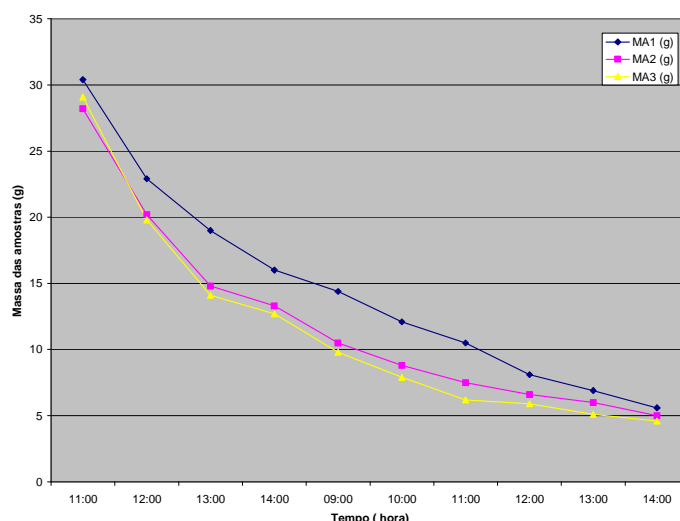


Figura 5. Perda de massa das amostras de cenoura na secagem direta em convecção natural.

A Tabela 4 apresenta os resultados dos parâmetros de secagem para de quiabo. O percentual de umidade do quiabo corresponde a 90%, segundo a literatura de secagem de alimentos. A massa total do produto a secar foi de 152,7 g. O início do teste foi as 11:00 horas do dia 03.03 e o reinício do teste foi as 8:00 horas do dia 04.03. Após a secagem do primeiro dia os quiabos foram acondicionados em um dissecador para a manutenção da umidade.

Tabela 4. Variação da massa das amostras de quiabo na secagem direta com convecção natural.

HORA	M_{A1} (g)	Perda $A1$ (%)	M_{A2} (g)	Perda $A2$ (%)	M_{A3} (g)	Perda $A3$ (%)	$U_{relativa}$ (%)	I (W/m^2)
11:00	17,9	0	12,9	0	22,1	0	61	979
12:00	13,7	23,5	8,8	31,8	16,8	24,0	61	1037
13:00	10,1	43,6	5,3	58,9	11,4	48,4	59	1014
14:00	8,8	50,8	4,6	64,3	10,2	53,8	59	603
08:00	8,8	50,8	4,6	64,3	10,2	53,8	72	490
09:00	7,5	58,1	3,5	72,8	8,7	60,6	65	893
10:00	6,0	66,5	2,3	82,2	6,2	71,9	63	1014
11:00	5,5	69,3	2,0	84,5	5,2	76,5	49	1098
12:00	4,9	72,6	1,8	86,0	4,6	79,2	49	1110
13:00	4,3	76,0	1,5	88,4	3,9	82,4	50	968
14:00	3,4	81,0	1,0	92,2	3,3	85,1	62	623

A perda de massa para as três amostras foram superiores a 80%, sendo a amostra 2 a que mais sofreu redução, em função de sua menor massa. Em relação a massa inicial as amostras 1, 2 e 3 ficaram com percentuais de 19,0%, 7,8% e 14,9%, respectivamente. O percentual de massa final ficou abaixo do geralmente pretendido que é em torno de 20,0%. A Figura 6 mostra o comportamento assumido pela perda de massa das amostras de quiabo.

No que diz respeito a carga total de quiabo, correspondente a 152,7 g, a perda de massa correspondeu a 83,4%, com massa de produto final de 25,3 g, que correspondeu a um percentual de massa úmida de 14,9%, obtendo-se, portanto, uma perda de massa úmida de 75,1%. Não há dados na literatura especializada em desidratação de alimentos sobre a massa úmida final do quiabo.

O tempo total de secagem para o quiabo, na carga testada, ficou em torno de nove horas e a literatura não aponta o tempo de secagem para esse produto. A umidade relativa do ar apresentou valor médio em torno de 58,7% e a radiação solar global em torno de 941,4 W/m^2 .

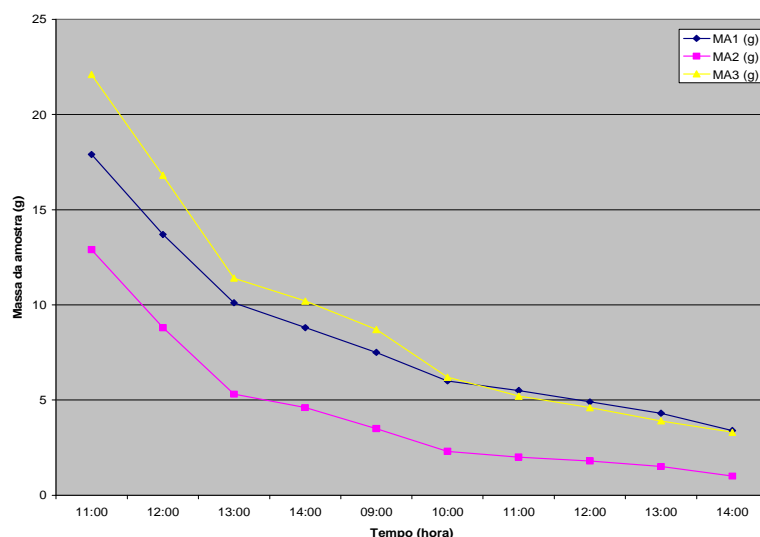


Figura 6. Perda de massa das amostras de quiabo na secagem direta em convecção natural.

A Tabela 5 apresenta os resultados dos parâmetros de secagem para de goiaba. O percentual de umidade da goiaba corresponde a 85%, segundo a literatura de secagem de alimentos. A massa total do produto a secar foi de 187,2 g. O início do teste foi as 09:00 horas do dia 19.03 e terminou as 14:00 do dia 20.03. Para esse teste foram utilizadas duas amostras que ficavam no início e no fim do secador. As suas massas foram medidas a cada duas horas.

Tabela 5. Variação da massa das amostras de goiaba na secagem direta com convecção natural.

HORA	M_{A1} (g)	Perda $A1$ (%)	M_{A2} (g)	Perda $A2$ (%)	$U_{relativa}$ (%)	I (W/m^2)
09:00	28,8	0	25,9	0	70	510
11:00	26,2	7,0	22,7	11,6	63	960
13:00	23,8	17,4	19,2	25,9	66	923
15:00	19,9	30,9	16,6	35,9	71	505
08:00	19,9	30,9	16,6	35,9	74	476
10:00	12,6	56,2	11,1	57,1	61	857
12:00	9,3	67,7	7,3	71,8	63	758
14:00	5,7	80,2	4,9	81,1	61	794

A perda de massa para as duas amostras foi superior a 80%, sendo a amostra 2 a que mais sofreu redução, em função de sua menor massa. Em relação a massa inicial as amostras 1 e 2 ficaram com percentuais de 19,8% e 18,9 respectivamente. O percentual de massa final ficou abaixo do geralmente pretendido que é em torno de 20,0%. A Figura 7 mostra o comportamento assumido pela perda de massa das amostras de goiaba.

No que diz respeito a carga total do goiaba, correspondente a 187,2g, a perda de massa da carga de goiaba correspondeu a 82,5%, com massa de produto final de 32,7 g, que correspondeu a um percentual de massa úmida de 14,8%, obtendo-se, portanto, uma perda de massa úmida de 70,2%. Não há dados na literatura especializada em desidratação de alimentos sobre a massa úmida final do quiabo.

O tempo total de secagem para a goiaba, na carga testada, ficou em torno de doze horas. e a literatura não aponta o tempo de secagem para esse produto. A umidade relativa do ar apresentou valor médio em torno de 65% e a radiação solar global em torno de 758,1 W/m^2 . Após a secagem da goiaba foi realizada a sua trituração em liquidificador tipo residencial, produzindo-se farinha, mostrada na Figura 8.

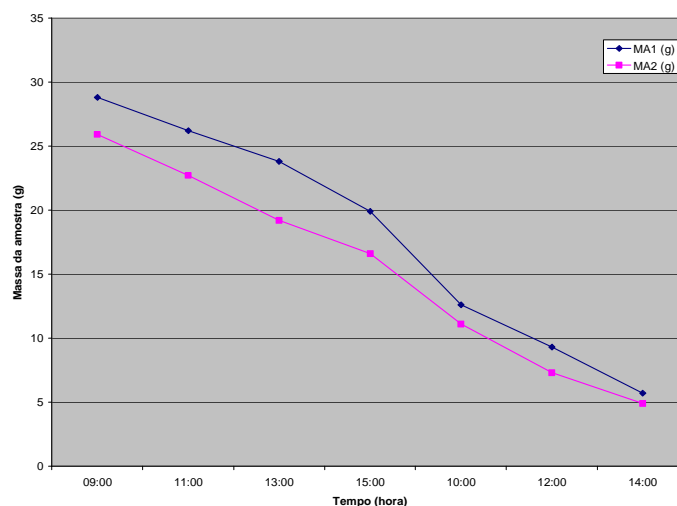


Figura 7. Perda de massa das amostras da goiaba na secagem direta em convecção natural.



Figura 8. Farinha de goiaba produzida após secagem no secador solar proposto.

A Tabela 6 apresenta os resultados dos parâmetros de secagem para a banana. O percentual de umidade da banana corresponde a 70%, segundo a literatura de secagem de alimentos. A massa total do produto a secar foi de 227,0 g. O início do teste foi às 09:00 horas do dia 19.03 e terminou às 14:00 do dia 20.03. Para esse teste foram utilizadas duas amostras que ficavam no início e no fim do secador. As suas massas foram medidas a cada duas horas.

Tabela 6. Variação da massa das amostras de banana na secagem direta com convecção natural.

HORA	M_{A1} (g)	Perda $A1$ (%)	M_{A2} (g)	Perda $A2$ (%)	$U_{relativa}$ (%)	I (W/m^2)
09:00	34,2	0	37,3	0	70	510
11:00	30,1	7,0	34,0	8,8	63	960
13:00	28,2	17,4	30,1	19,3	66	923
15:00	26,4	22,8	27,4	26,5	71	505
08:00	26,4	22,8	27,4	26,5	74	476
10:00	23,4	31,6	22,5	39,6	61	857
12:00	20,1	41,2	20,5	45,0	63	758
14:00	16,4	52,0	16,9	54,6	61	794
08:00	16,4	52,0	16,9	54,6	70	680
10:00	15,2	55,6	15,5	58,4	60	870
12:00	14,0	59,1	14,5	61,1	60	935
14:00	12,0	64,9	13,1	64,8	60	801

A perda de massa para as duas amostras foi superior a 60%, com massa úmida de 28% para ambas as amostras, coerente com o que aponta a literatura, em torno de 30% de massa úmida para a massa final da banana seca. Ambas as amostras apresentaram mesmo nível de perda de massa. Em relação a massa inicial as amostras 1 e 2 ficaram com

percentuais de 19,8% e 18,9 respectivamente. O percentual de massa final ficou abaixo do geralmente pretendido que é em torno de 20,0%. A Figura 9 mostra o comportamento assumido pela perda de massa das amostras da banana.

No que diz respeito a carga total de banana, correspondente a 227,0 g, a perda de massa da carga de goiaba correspondeu a 63,6%, com massa de produto seco de 82,7 g, correspondente a uma massa úmida de 29,0%, obtendo-se, portanto, uma perda de massa úmida de 41,0%. A umidade média apontada pela literatura fica em torno de 20%.

O tempo total de secagem para a banana, na carga testada, ficou em torno de dezoito horas, abaixo do tempo apontado pela literatura, mas a carga de secagem foi baixa, o que explica essa diminuição do tempo de secagem. A umidade relativa do ar apresentou valor médio em torno de 65% e a radiação solar global em torno de 755,8 W/m². Após a secagem da goiaba foi realizada a sua trituração em liquidificador tipo residencial, produzindo-se farinha, mostrada na Figura 10.

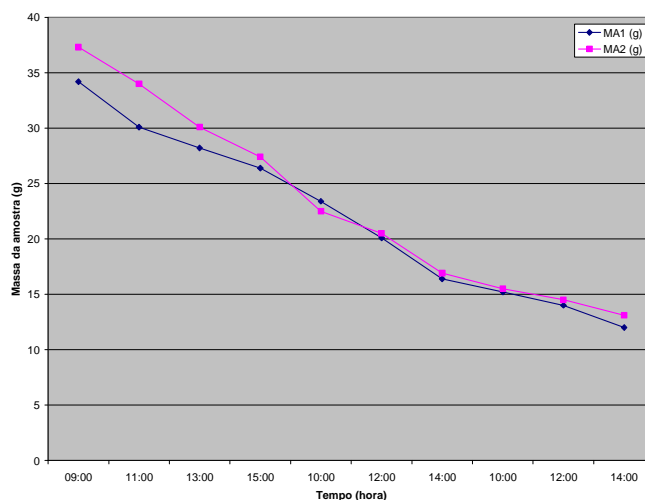


Figura 9. Perda de massa das amostras da banana na secagem direta em convecção natural.



Figura 10. Farinha de banana produzida após secagem no secador solar proposto.

A Tabela 7 mostra os parâmetros médios de secagem para todos os produtos secos com o secador de exposição direta em convecção natural.

Tabela 7. Variação da massa das amostras de goiaba na secagem direta com convecção natural.

PRODUTO	U _{INICIAL} (%)	U _{FINAL} (%)	M _{INICIAL} (g)	M _{FINAL} (g)	M _{PERDIDA} (g)	U _{PERDIDA} (%)	T _{SECAGEM} (h)
tomate	95	13,5	730,5	103,9	85,8	81,5	8
berinjela	90,5	10,0	455,4	50,2	89,0	83	8
cenoura	93	15,8	287,7	50,2	88,5	74,7	9
quiabo	90	14,9	152,7	25,3	83,4	75,1	9
goiaba	85	14,8	187,2	32,7	82,5	70,2	12
banana	70	29	227	82,7	63,6	41,0	18

Os resultados dos testes realizados demonstraram a viabilidade de utilização dos secadores construídos a partir de sucatas de luminária, podendo a carga dos produtos ser aumentada, através da utilização de um maior número de módulos de secagem. Os tempos obtidos, as umidades finais e as perdas de massa do produto final estiveram compatíveis, e competitivos com o que aponta a literatura especializada em desidratação de alimentos.

Outro fator extremamente positivo no sistema de secagem apresentado é o seu baixo custo, podendo contribuir para a socialização da secagem solar, como meio de geração de emprego e renda.

4. CONCLUSÕES

O secador proposto mostrou-se viável para produzir a secagem de todos os produtos alimentícios experimentados a baixo custo;

O processo de secagem por exposição direta mostrou-se eficiente podendo produzir perda de massa compatível com o que aponta a literatura especializada em desidratação de alimentos;

O custo de fabricação de tal secador é muito baixo, sendo competitivo com os secadores convencionais disponíveis
Os processos de fabricação e montagem do sistema de secagem proposto são bem simples, podendo ser facilmente repassados tecnologicamente;

O secador proposto é extremamente viável para utilização em zona rural e urbana para combate aos desperdícios e perecibilidade, podendo ser utilizados vários módulos de secadores.

O sistema proposto pode ser uma alternativa para a geração de emprego e renda para comunidades carentes

Construído em vários tamanhos, contribuindo para a geração descentralizada de produtos desidratados.

Os tempos de secagem obtidos para os produtos testados foram competitivos com os mostrados em trabalhos desenvolvidos sobre secagem e apresentados em artigos e revistas científicas, e já estão sendo testados outros produtos a ser desidratados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Costa, A.R.S.; 2008, “*Sistema de secagem solar para frutos e modelagem da secagem de banana em um secador de coluna estática*”; Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFRN, Natal.

Costa, A.R.S.; 2003, “*Utilização de processo osmótico, seguido de secagem para a obtenção de tomate parcialmente desidratado*”; Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFPB, João Pessoa.

Duffie, J.A., Beckman, W.A., 1991, *Solar Engineering of Thermal processes*, second edition, New York, John&Sons, & Beckman.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; 2000, “*Tomate para processamento industrial*”; Brasília.

Fioreze, F, R.; 2003, “*Princípios da Secagem de Produtos Biológicos*”; Editora da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

Meloni, P.L.S.; 2002, “*Manual de produção de Frutas Desidratadas*”, Instituto de Desenvolvimento da Fruticultura e Agroindústria – Frutal/ Sindicato dos Produtores de frutas do Estado do Ceará – Sindifruta.

Neto, H. J. L.; 2008, “*Obtenção de tomate seco através do uso de um sistema solar alternativo de baixo custo*”; Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN, Natal.

Souza, L.G. M., 2004, “*Secador Solar a Baixo Custo para Frutas Tropicais, CONEM-2004, Belém/Pa.*”

SOUZA et al.; 2007, “*Obtenção de tomate seco utilizando um sistema de secagem solar construído com materiais alternativos*”; 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, Cusco, Peru.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

Abstract:

DRYING OF FOODS USING SOLAR DRYER DIRECT EXPOSURE PACKED WITH SCRAP LUMINAIRE

Presents a solar drying system for drying food comprising several drying units, made from scraps of fixtures. The system of direct exposure to working on a natural circulation. Will be presented their methods of construction and assembly of dryer that allows the reuse of materials, constituting an environmentally friendly option of recycling the main features of the proposed dryer are its low cost and simple manufacturing processes and assembly. Will be presented results of tests for the drying of foods that prove the thermal and economic feasibility of the alternative system proposed solar drying, demonstrating the social importance that such application is for the most excluded because the value to fruits, vegetables, legumes and other foods in relation to fresh may be an option of income generation.

Key words - solar drying, drying of tropical fruits, low cost, reuse of materials.

