

## TÉCNICA DA SECAGEM DIRETA COMO MEDIDA PALIATIVA NO COMBATE AO DESPERDÍCIO DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Fernanda Vitória Pimentel Ferreira<sup>1</sup>  
Geronimo Barbosa Alexandre<sup>2</sup>

### RESUMO

O presente projeto tem como objetivo utilizar a energia solar renovável para desidratar frutas climatéricas e hortaliças, a partir da técnica da secagem por exposição direta com secador solar de baixo custo, quando comparado aos modelos industriais. A metodologia aplicada consistiu no desenvolvimento das seguintes etapas: (1) dimensionamento do protótipo do secador solar; (2) instalação do sensor de temperatura e umidade e (3) higienização e preparo dos alimentos para serem desidratados. Na etapa de dimensionamento, foram estabelecidos o formato, as medidas e os materiais necessários para construção do secador solar. Em seguida, fez-se a instalação do sensor, com o intuito de monitorar e coletar os dados de temperatura e umidade dentro do sistema de secagem, avaliando sua eficiência. O processo de higienização e preparo subdivide-se em: lavagem, corte e secagem. A lavagem consiste na aplicação de detergente, nos alimentos destinados à secagem, para retirar as impurezas e evitar a contaminações. Desse modo, o corte é feito a partir de dimensões proporcionais para cada fatia. A etapa final reside na distribuição dos alimentos na grelha de ferro, inserida na parte inferior do sistema, com a função de suspender os produtos e deixá-los expostos a radiação solar. O diferencial do protótipo está no baixo custo e na automatização dos dados medidos. Os resultados experimentais mostram que a desidratação de 98% do volume de água no tomate ocorreu durante 8h, com temperatura de 67 °C e umidade de 60% dentro do interior do secador.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Secador, Protótipo, Conservação, Baixo custo

### INTRODUÇÃO

A desidratação consiste num processo em que os alimentos, a partir da incidência de radiação solar, perdem a água existente e parte dos nutrientes presentes em sua composição. “As frutas desidratadas devem preservar o sabor, o aroma e a cor originais, e devem, preferencialmente, estar livres de aditivos químicos e apresentar textura semelhante ao do produto fresco” (SARAIVA; JUNQUEIRA; FERREIRA; PEÑA; SILVA e TEIXEIRA, 2011).

Em primeiro lugar, ressalta-se que a problemática do desperdício, não limita-se apenas ao descarte dos alimentos, pois os seus efeitos e impactos ocorrem em forma de cadeia, essencialmente quando levado em consideração as perdas dos recursos hídricos, nutrientes e minerais, que foram investidos para manter as qualidades físicas, químicas e biológicas do produto final. No Brasil, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária

1 Discente do Curso Técnico em Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco- IFPE, [fvpf@discente.ifpe.edu.br](mailto:fvpf@discente.ifpe.edu.br);

2 Professor Orientador, M. Sc. Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco- IFPE, [geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br](mailto:geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br).

(2017), estima-se que 30% das frutas cultivadas nacionalmente, por ano, são destinadas ao lixo. Dessa forma, a secagem adentra como uma medida paliativa no combate ao desperdício de alimentos e frutas.

Hodiernamente, há uma diversidade de equipamentos que podem ser utilizados a partir da energia solar, como por exemplo, o secador solar de alimentos, principal foco de estudo do presente artigo e que detém a função de ressecar frutas e hortaliças, com o intuito de elevar o seu valor nutritivo e aumentar o seu tempo de conservação. “A secagem é a operação por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material” (CELESTINO, 2010, p.9). A técnica apresenta vantagens que devem ser consideradas no processo de desidratação, como: redução nas perdas pós-colheita e facilidade no transporte e comercialização dos produtos (CELESTINO,2010).

Os objetivos do Trabalho são: Desenvolver um secador solar de baixo com supervisão local de dados; Levantar as curvas de desidratação de frutas(maçã) e hortaliças (tomate); Aumentar o tempo de conservar dos alimentos desidratados; agregar valor comercial ao alimento desidratado; difundir o uso de secadores solares de baixo em comunidades rurais no município de Garanhuns-PE e desenvolver um aplicativo para celular que informe em tempo real as variáveis de decisão durante a secagem dos alimentos (temperatura, umidade do ar no interior do equipamento, massa e taxa de água presente no alimento).

As contribuições contidas neste artigo são: (A) o monitoramento das variáveis de decisão forno em tempo real via a plataforma de hardware microcontrolado *Open Source*; (B) esquemático de projeto; (C) *interface* de monitoramento dos dados; (D) divulgação da tecnologia de baixo custo no Agreste Meridional Pernambucano.

O artigo organiza-se em seções, sendo a segunda voltada para apresentação dos objetivos, a terceira destinada a demonstração da planta didática de secagem e a metodologia utilizada. Os resultados experimentais, a discussão e o diferencial do protótipo são apresentados na quarta seção, seguida da conclusão, inserida na última seção.

## **METODOLOGIA**

O secador solar de baixo custo, seguindo o modelo de exposição direta, foi projetado no Laboratório de Fontes Renováveis, do Departamento de Ensino – Área Engenharia Elétrica, do Instituto Federal do Pernambuco (IFPE), Campus Garanhuns. A metodologia utilizada consiste no seguinte procedimento: (i) pesquisa de mercado e levantamento de campo; (ii) Dimensionamento do secador solar (desenhos, esquemas elétricos e lista de

materiais); (iii) compra dos equipamentos e componentes; (iv) montagem física do forno e da instrumentação; (v) construção e validação do sistema de medição, aquisição e armazenamento de dados; (vi) projeto e validação do sistema de monitoramento local; (vii) elaboração de indicadores acadêmicos: relatórios e artigos para congressos técnico-científicos.

As revisões bibliográficas e busca do referencial teórico foram realizadas utilizando as seguintes plataformas acadêmicas: Periódico Capes e Google Acadêmico. Desse modo, (CELESTINO, 2010) e (GOLDEMBERG; LUCON, 2007) foram selecionados para servirem de base teórica para produção da pesquisa. Os materiais utilizados para confecção do protótipo experimental estão dispostos na Tabela 1 abaixo.

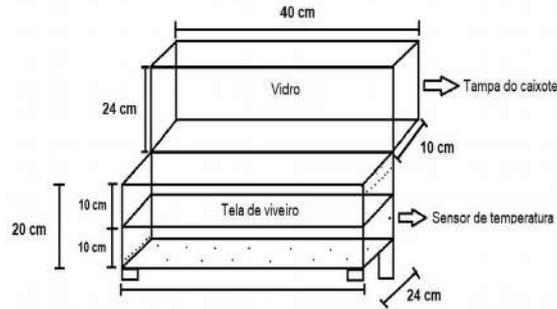
Tabela 1 – Materiais utilizados na fabricação do secador solar.

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Preço total (R\$)</b>
Placa de Madeira	8	5,00	40,00
Vidro	1	40,00	40,00
Dobradiça	2	0,90	1,80
Sensor de Temperatura e umidade (DHT11)	1	12,50	12,50
Protoboard	1	8,90	8,90
Arduíno	1	53,90	53,90
Placa de Zinco	1	10,00	10,00
Tinta Spray preta	1	15,00	15,00
Bastão de cola quente	1	1,90	1,90
Folha de Isopor	1	5,50	5,50
Pistola de cola quente	1	8,31	8,31
Broca de furadeira	1	1,48	1,48
Parafuso	10	0,10	1,00
Cola Branca	1	2,70	2,70
Furadeira	1	180,00	180,00
Massa corrida	1	6,70	6,70
Lixa de parede	1	0,70	0,70
Cerra	1	22,00	22,00
Régua de 30 cm	1	0,40	0,40
Micro SD	1	10,00	10,00
Custo total	-	-	422,79

Fonte: Autor(2019).

A Figura 1 abaixo ilustra o desenho do protótipo do secado solar confeccionado e validado na desidratação das frutas e hortaliças selecionadas.

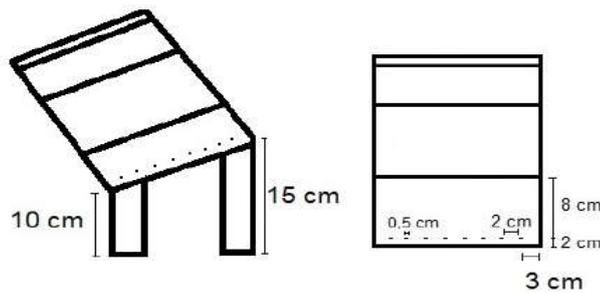
Figura 1. Esquemático do protótipo do secador solar de frutas e hortaliças.



Fonte: Autores(2019)

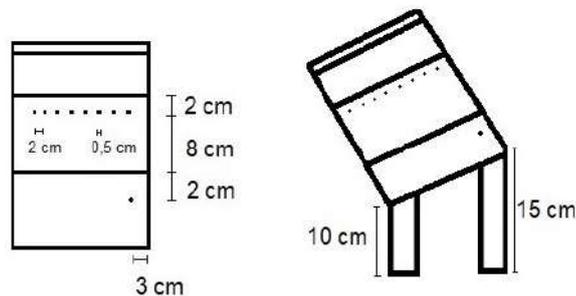
As Figuras 2 e 3 representam os detalhes da face anterior e posterior do equipamento, respectivamente. Na estrutura inferior do secador foi implantada uma placa de zinco com pequenos furos, para manter o equilíbrio da temperatura no sistema, sendo estabelecida as seguintes medidas: 40 cm de comprimento, 24 cm de largura e 20 cm de altura.

Figura 2. Face anterior do secador solar.



Fonte: Autores(2019)

Figura 3: Face posterior do secador solar.



Fonte: Autores(2019)

Para suspender os alimentos e deixá-los expostos a radiação solar, foi colocada uma tela de viveiro, com as mesmas medidas de comprimento e largura do suporte, posicionada no centro do caixote, há 10 cm do fundo. Na face anterior (Figura 2) foram feitos 8 orifícios, com

0,5 cm de diâmetro que distam 2 cm do fundo e 8 cm da tela, sendo posicionados há 2 cm um do outro, com a função de facilitar a entrada de ar frio na parte inferior.

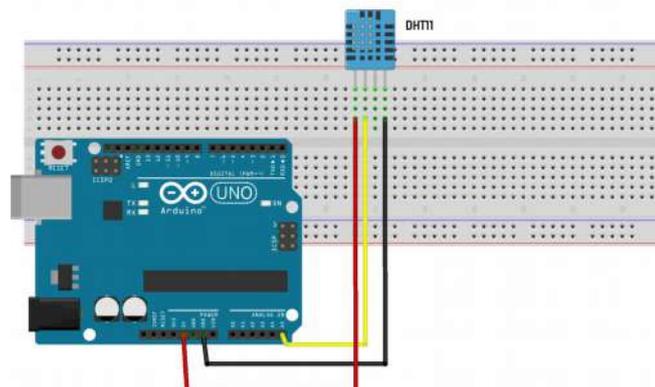
Paralelamente, na face posterior (Figura 3) foram feitas 8 aberturas de 0,5 cm de diâmetro, distando 6 cm da tela, 16 cm do fundo do caixote, 2 cm um do outro e posicionados na parte superior do sistema para facilitar a saída de ar quente, oriundo da perda de calor das frutas e hortaliças.

A desidratação do alimento ocorre por meio da reprodução do efeito estufa no sistema, que favorece a perda de calor a partir da incidência de radiação solar sob o vidro, posicionado acima da tampa do caixote, que possui as seguintes dimensões: 40 cm de comprimento, 24 cm de largura e 10 cm de altura. Para um melhor aproveitamento da radiação, foram acopladas ao suporte inferior do caixote, 4 hastes de madeira com 10 cm e 15 cm de comprimento, para possibilitar a sua inclinação, conforme ilustrado na Figura 3.

Por conseguinte, na parte inferior do caixote fez-se a instalação de um sensor de temperatura e umidade, distando 2 cm abaixo da tela de viveiro e 3 cm da face posterior. Dessa forma, sua função é monitorar a variação de temperatura e de umidade dentro do sistema durante o processo de desidratação dos alimentos.

A Figuras 4 abaixo ilustra os esquemas de: ligações elétricas do “módulo SD card”, do sensor de temperatura e umidade (DHT22 OU DHT11) e do módulo DS3221 (Real Time Clock – RTC) ao micro-controlador Uno R3.

Figura 4: Circuito elétrico para conexão do sensor ao micro-controlador



Fonte: Retirada da web

Conforme afirma (COSMO; GALERIANI; GOUVEIA; BENETON; NOVAKOSTI, 2017, p.9) “recomenda-se que as frutas que serão desidratadas sejam coletadas em seu estado ótimo de maturação para não se apresentarem descoradas, com baixo sabor e/ ou baixa doçura”. Dessa forma, para realizar a secagem, foram selecionadas frutas climatéricas e a

tomate por possuírem uma maior facilidade para amadurecer, a exemplo da maçã. Os alimentos escolhidos passaram por um processo de higienização e corte antes de serem direcionados a desidratação. O processo seguiu as seguintes etapas de preparo:

1. Higienização das frutas em água corrente e com aplicação de detergentes para retirar as impurezas superficiais;
2. Corte dos alimentos em fatias finas, com aproximadamente 1 cm de espessura, de forma regular e homogênea para facilitar a secagem;
3. Distribuição das fatias pela tela de viveiro de forma organizada e paralelas entre si para que todas fiquem expostas a radiação.

## **DESENVOLVIMENTO**

Conforme afirma ALMEIDA, LIMA e SOUZA(2016) a secagem é um processo físico que consiste na eliminação da água do alimento por evaporação, de modo a melhorar a sua conservação. Pode ser considerado como um dos métodos mais antigos de conservação de alimentos que surgiu quando os povos primitivos observaram que as sementes das plantas, com que se alimentavam, mantinham-se conservadas por mais tempo quando expostas a radiação solar.

De acordo com BEZERRA(2007, p.36) “A secagem pode ser natural, também conhecida como solar, quando expõe o material a ser desidratado ao sol ou sombra, ou artificial que é chamada de desidratação e utiliza calor ou outros meios capazes de retirar a umidade do alimento”. Em primeiro lugar Bezerra(2007) ressalta que

A desidratação dos alimentos causa, em geral, poucas alterações, sendo algumas delas desejáveis, como a perda de água, com a consequente concentração dos nutrientes por unidade de peso. As propriedades organolépticas, principalmente a textura, e o valor nutritivo, especialmente, as vitaminas, são afetadas negativamente quando expostas às altas temperaturas em tempo prolongado, porém as perdas são pequenas.

O aquecimento usado no protótipo do desidratador solar de frutas e hortaliças é o aquecimento irradiação solar incidente no vidro do secador combinado com aquecimento do ar no interior do equipamento, especificamente a técnica de ventilação forçada do ar. A explicação para tal escolha está no fato que a técnica por irradiação solar é usada para aquecer e o aquecimento do ar para secar.

No processo de secagem por meio de ar quente, têm-se três fases distintas: aquecimento do material até a temperatura ótima do ar de secagem, a qual ocorre à

evaporação da umidade de forma discreta; a secagem propriamente dita; e um eventual superaquecimento (Costa, 2007).

Dessa forma, a fim de garantir uma boa eficiência do secador proposto, esse deve apresentar as seguintes características: superfície adequada para um contato suficiente entre o ar aquecido e o alimento a secar e uma boa uniformidade na distribuição do ar quente que flui em contato com o material a secar(SANTOS; ALEXANDRE; FREIRE, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo como base as etapas descritas na seção da metodologia, foram feitos os primeiros testes no secador solar. A partir disso o recolhimento dos dados apresentados e posterior análise destes, com o intuito de observar as modificações que ocorreram nos alimentos mediante o processo de desidratação e avaliar a eficiência do sistema interno do secador. Desse modo, foram elaboradas tabelas e ilustrações que representam tais alterações. A Figura 5 abaixo ilustra o secador produzido em funcionamento, no primeiro teste realizado, no qual foram colocadas apenas fatias de maçã.

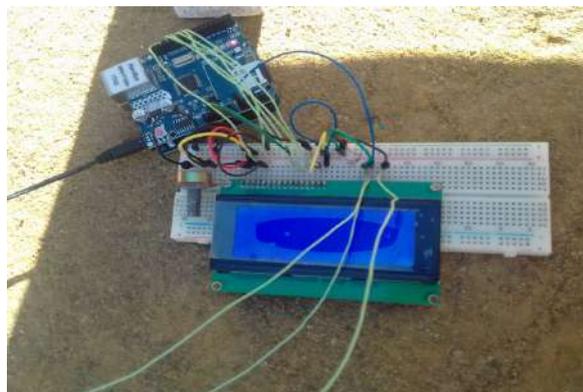
Figura 6: Primeiro teste realizado utilizando fatias de maçã



Fonte: Autores(2019)

As fatias foram distribuídas de forma homogênea na bandeja, para que ficassem expostas a radiação do sol. O processo intermediado a partir disso, foi a medida de suas massas em intervalos constantes de 5 minutos, com o objetivo de identificar alterações na massa inicial da fruta. Além disso, foram avaliados os dados gerados de: temperatura interna do sistema, tempo de secagem, umidade interna, umidade da fruta e calor interno. A Figura 7 ilustra o circuito elétrico montado para coletar dados de temperatura e umidade, a partir de um sensor acoplado ao circuito e instalado na região interna e inferior do secador solar.

Figura 7: Circuito elétrico montado para colher informações de temperatura e umidade interna do sistema



Fonte: Autores(2019)

Por conseguinte, observou-se que os dados coletados durante o período de desidratação da fruta, apresentaram indicações da ineficiência do sistema no primeiro teste, tendo em vista a não variação significativa dos índices de temperatura e umidade interna. Como detalha a tabela 1 apresentada abaixo.

Tabela 2 – Dados gerados no primeiro experimento com maçã

Tempo(horas)	Temperatura(°C)	Umidade(%)	Massa inicial(g)	Massa final(g)	Q(J)	Umidade final da fruta(%)
15:00 – 18:00	25	83	123,36	119,9	2,997	2,8

Fonte: Autores(2019)

O grau de temperatura apresentado manteve-se durante todo o período do experimento em condições ambiente, assim como a umidade interna do sistema. Tal fator condicionou a diminuição não significativa da massa inicial da maçã, tendo em vista que conforme afirma Saraiva(2011), o índice de temperatura ideal para desidratar a maçã é de 60 °C. A partir disso, foram analisados os fatores que contribuíram para a perda de calor do sistema e, portanto a não variação de sua temperatura. Dessa forma não foi possível a desidratação da maçã, durante o experimento realizado.

Tendo em vista os resultados apresentados no primeiro experimento, percebeu-se a necessidade de realizar modificações na estrutura interna e externa do sistema. Inicialmente, com o intuito de elevar a eficiência do secador solar, fez-se pintura externa do equipamento utilizando tinta spray de cor preta para reduzir a perda de calor para o ambiente. Em seguida fez-se a introdução de folhas de isopor forradas com papel alumínio para isolar o sistema interno.

A partir disso, realizou-se um segundo experimento, com o tomate, cujos resultados apresentaram variações significativas e divergentes das apresentadas no experimento inicial.

A Figura 8 e Tabela 3 abaixo explicitam o processo de secagem do tomate, durante um período de 8 horas e meia.

Figura 8: Tomate desidratado no segundo experimento



Fonte: Autores(2019)

Tabela 3 – Dados gerados no segundo experimento com o tomate

Tempo(horas)	Temperatura(°C)	Umidade(%)	Massa inicial(g)	Massa final(g)	Q(J)	Umidade da fruta(%)
07:30 – 15:00	67	60	212	14,22	-	93,29

Fonte: Autores(2019)

Os dados apresentados na tabela demonstram o aumento da eficiência do secador solar após as modificações que foram feitas, sendo considerado um aumento de 42 °C na temperatura, quando comparado ao primeiro experimento realizado. Além de uma redução de aproximadamente 98% da massa inicial do tomate, tal variação é perceptível nos aspectos físicos. Apresentando uma cor menos avermelhada, um sabor mais adocicado, uma textura mais seca e crocante. Todos esses novos elementos identificados foram causados pela perda de água por parte do alimento, fator que o torna mais durável e eleva o seu tempo de conservação.

Portanto, a desidratação é um método alternativo de conservação, levando a uma solução criativa, conhecida como secador solar. A utilização da energia solar em alimentos apresenta-se como uma excelente alternativa para regiões de clima tropical e subtropical. O uso de secador solar permite que o beneficiamento dos produtos possa ser feito com baixo capital inicial [...] (RICCI; BATTISTI; SCHMIDT, 2012, p.2)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos experimentos realizados, percebe-se que a desidratação de alimentos, sejam estas frutas, hortaliças ou mesmo verduras é um processo que quando desenvolvido em larga escala, pode contribuir muito para a redução dos índices de desperdício, pois esse

método possibilita ao alimento elevar o seu teor nutritivo e manter-se sobe conserva por um período maior de tempo, quando comparado ao produto *in natura*, que dificilmente, no caso do tomate, consegue durar mais do que uma semana sem dar início a oxidação.

Além disso, cabe ressaltar o quanto a energia solar renovável pode contribuir nesse processo, essencialmente no caso do Brasil, considerado como um país privilegiado no que se diz respeito às questões ambientais, e neste caso relacionado aos altos índices de radiação solar. Por isso, faz-se necessário que haja um maior engajamento em projetos como esse que possam contribuir de forma positiva para reduzir os impactos do desperdício, que ultrapassam os 30% de tudo o que se produz, quando se trata de hortaliças.

Portanto, a presente pesquisa a partir dos resultados apresentados, busca tornar-se um projeto de inovação e motivação para que as pessoas possam replica-lo em suas residências ou até mesmo em suas escolas, tendo em vista o baixo custo do protótipo desenvolvido, quando comparado aos modelos industriais e automatizados. Dessa forma, a questão do desenvolvimento com sustentabilidade atrelado as novas tecnologias poderão caminhar juntas .

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I.B; LIMA, M.A.A; SOUZA, L.G.M. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. **HOLOS**, Rio Grande do Norte, v.4, n.32, abril. 2016.

BEZERRA, Tânia Sulamytha. Desidratação de hortaliças: Aspectos teóricos. Brasília, DF: **Centro de Especialização em Tecnologia de Alimentos**, 2007.

CELESTINO, Sônia Maria Costa. Princípios de Secagem de Alimentos. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, 2010.

COSMO, B.M.N; GALERIANI, T.M; BENETON, A.M.G; NOVAKOSKI, F.P. Produção de frutas desidratadas: Estado atual, procedimentos e perspectivas futuras. **Semana Acadêmica**, Fortaleza, 2017.

COSTA, E.C. 2007. **Secagem Industrial**. Edgar Blucher, São Paulo, SP.

GOLDEMBERG, José; OSWALDO, Lucon. Energias renováveis: um futuro sustentável. São Paulo, SP: Revista USP, 2006 – 2007.

RICCI, Mayara Rohenkohl; BATTISTI, Juliane de Freitas; SCHMIDT, Carla Adriana Pizarro. Secador solar: Processo de desidratação de frutas com diferentes tratamentos osmóticos. **Cadernos de Agroecologia**, Medianeira, v.7, n.1, ago. 2012.

40

SANTOS, Marcelo. A; ALEXANDRE, Gerônimo.B.; FREIRE, José. A. **Projeto de uma planta de Caulim com uso de energia solar e diesel**. Revista Brasileira de Mineração e Meio Ambiente, Piracicaba, v.4, n.8, 2014.

SARAIVA, S.H et al. **Estudo do processo de secagem de maçã**. In: XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de pós-graduação,2011, Vale da Paraíba. **Anais**. Vale da Paraíba: Universidade do Vale da Paraíba, 2011. p. 1 – 5.