Recital

Revista de Educação,
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS DE DESIDRATADORES SOLAR DE VEGETAIS DE BAIXO CUSTO

Development of low-cost vegetable solar dehydrator prototypes

César Fernandes AQUINO
Universidade Federal do Oeste da Bahia
cesar.aquino@ufob.edu.br

Marcos Vinícius Pereira dos SANTOS
Universidade Federal do Oeste da Bahia
marcos.psantos@ufob.edu.br

João Alison Alves OLIVEIRA
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Almenara
joao.oliveira@ifnmg.edu.br

José Maria Gomes NEVES
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Almenara
jose.neves@ifnmg.edu.br

Edimilson Alves BARBOSA
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Almenara
edimilson.barbosa@ifnmg.edu.br

Antonia Mirian Nogueira de Moura GUERRA
Universidade Federal do Oeste da Bahia
antonia.guerra@ufob.edu.br

DOI: https://doi.org/10.46636/recital.v4i3.310

Resumo

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking que lista os maiores produtores de frutas do mundo, com uma produção anual em torno de 41 milhões de toneladas. No entanto, em função de serem altamente perecíveis, ocorre a perda de até 40% da produção na cadeia produtiva, desde a colheita até a mesa do consumidor final. Objetivou-se desenvolver e verificar o desempenho de dois protótipos de desidratadores de vegetais, construídos com materiais recicláveis de baixo custo, de fácil montagem e manuseio para desidratar frutas e hortaliças. Os desidratadores confeccionados com papelão ondulado e Isopor® foram desenvolvidos, montados com papel alumínio, tubos e conexões de PVC de ½", tela pinteiro e testados simultaneamente com diversas frutas e hortaliças. Cada vegetal foi testado utilizando 10 amostras com massa média de 50 g cada, sendo eles abóbora, banana, caju, cenoura, goiaba, mamão, manga e tomate, sendo realizada a comparação de eficiência entre ambos desidratadores. De forma geral, os desidratadores de Papelão e Isopor® obtiveram como resultado uma taxa média de 74,25% e 77,60% respectivamente de perda de massa fresca, após 8 horas de funcionamento nas condições naturais. Os desidratadores atingiram o pico de temperatura interna máxima de até 70 °C, entre 14:00 e 16:00 horas. Sendo indicado o protótipo de papelão, pois apresenta menor custo de produção.

Palavras-chave: Alimentos. Conservação. Desidratação.

Abstract

Brazil occupies a position in the ranking that lists the largest fruit producers in the world, with an annual production of around 37 million tons, in addition to being a major producer of vegetables. The objective of this work was to develop and verify the performance of two prototypes of vegetable dehydrators, built with recyclable materials, at low cost, easy to assemble and handle; to dehydrate fruits and vegetables. The dehydrators made of corrugated cardboard and Styrofoam® were developed, assembled with aluminum foil, ½" PVC tubes and connections, and tested simultaneously with various fruits and vegetables. Each vegetable was tested using 10 samples with an average mass of 50 g each, such as pumpkin, banana, cashew, carrot, guava, papaya, mango, pepper and tomato, and the efficiency comparison between both dehydrators was performed. In general, the Cardboard and Styrofoam dehydrators resulted in an average rate of 74.25% and 77.60%, respectively, of fresh mass loss, after 8 hours of operation under natural conditions. The dehydrators reached the maximum internal temperature peak of up to 70 °C, between 14:00 and 16:00 hours. The cardboard prototype is indicated, because it has a lower production cost.

Keywords: Foods. Conservation. Dehydration.

INTRODUÇÃO

O Brasil coloca-se como um dos principais produtores de alimentos de origem vegetal, sendo o terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e da Índia (ABRAFRUTAS, 2022). A produção anual ficou próximo de 41 milhões de toneladas, em cerca

3 milhões de hectares cultivados (IBGE, 2022), com foco principal na produção de frutas para atender ao mercado interno, exportando apenas cerca de 3% da produção (ABRAFRUTAS, 2019). Ademais, no setor olerícola, o país se destaca com grande produção de melancia, cenoura, tomate e cebola, disputando a posição de destaque com outros países (IBGE, 2022).

A ampla produção de frutas e hortaliças no país vem atrelada também, a um dado que merece atenção, pois o Brasil perde cerca de 5,1 milhões de toneladas de frutas por ano, estimando-se uma perda de US$2,3 bilhões anuais (EMBRAPA, 2018). Aliado a esse fato, cita-se também que cerca de 40% de diversas hortaliças produzidas no país é perdida ao longo da cadeia produtiva (PLANETA ORGÂNICO, 2017). Esse fato preocupa, pois há uma grande quantidade de pessoas que passam fome e que poderiam ter acesso a esse alimento, se fossem tomados alguns cuidados, sobretudo na conservação desse alimento.

Nesse sentido, a necessidade de se criar e incrementar processos simples e baratos, que ofereçam meios para a conservação destes alimentos perecíveis devem ser buscados para evitar o grande volume de perdas em toda a cadeia produtiva de frutas e hortaliças. As perdas podem ser de natureza quantitativa ou qualitativa, ocasionando assim redução no seu valor comercial e ocasionando altas taxas de desperdício, o que onera sobremaneira a produção de alimentos, pois insumos e recursos como ocupação de áreas produtivas, energia, água e insumos agrícolas se tornam cada vez mais escassos e necessitam ser aplicados de forma eficiente e sustentável (ALVES; UENO, 2015).

A desidratação é entendida como um processo físico que combina transferência de calor e massa em que a disponibilidade de água de um alimento é reduzida por evaporação, de modo a melhorar a conservação de um produto, consequentemente aumentando o tempo de vida útil do mesmo (ALMEIDA et al., 2016). Como os frutos e hortaliças são bastante perecíveis, a obtenção de vegetais desidratados pode apresentar-se como uma alternativa para o aproveitamento do excedente produzido e comercialização *in natura*, além de permitir ao consumidor um produto comercializado em qualquer período do ano (ALESSI *et al*., 2013).

Dessa forma, objetivou-se desenvolver e avaliar o desempenho de dois protótipos de desidratadores de vegetais, empregando materiais recicláveis de baixo custo na tentativa de gerar tecnologia simples e de baixo custo para amenizar o desperdício de alimentos.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

É importante considerar que diversos frutos e hortaliças, quando maduros, deterioram-se rapidamente por apresentarem padrão respiratório climatérico, associado ao elevado teor de água em sua constituição (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Uma das principais causas de perdas de frutos é a falta de técnicas adequadas de colheita, assim como na pós-colheita, com o uso de máquinas e equipamentos desregulados, transporte e armazenamento desses produtos, que são altamente perecíveis (PONTES et al., 2007). Portanto sensíveis ao esmagamento, apodrecimento, senescência e murchamento, em função da maioria das frutas e hortaliças possuírem teor de água elevado, cerca de 80 a 95% no momento da colheita, e mesmo alguns produtos com menor umidade, tais como banana, batata ou abacate, contêm mais de 70% de água (SPAGNOL, 2018).

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Esse fato dificulta o armazenamento em temperatura ambiente, ou mesmo refrigerado, pois algumas frutas e hortaliças não toleram temperaturas baixas. Assim, a industrialização desses produtos agrícolas é uma alternativa para aproveitamento dos frutos fora de padrão para consumo *in natura* e do excedente da produção, de modo a disponibilizá-los para consumo durante todo o ano (AZOUBEL et al., 2010).

A região onde está inserido o município de Barra-BA, apresenta alta incidência de radiação solar o ano inteiro, em função do clima da região semiárida ser quente e seco, com cerca de 3.000 horas/ano de insolação média e temperatura média anual de 27 °C, com máximas que atingem 39 °C, durante boa parte do ano (INMET, 2022). Esse fato se torna bastante importante quando se pensa no uso da energia solar em sistemas de desidratação de alimentos, onde a energia solar é convertida em energia térmica. Este tipo de aplicação é importante tanto para o meio ambiente como para o setor socioeconômico, pois através da secagem dos alimentos se torna possível obter a conservação do mesmo por um tempo maior, proporcionando ao pequeno produtor rural redução da perda de material excedente de sua produção e o aumento do valor agregado ao produto (ARAÚJO et al. 2020).

A sede do município de Barra, há o cultivo de diversas frutíferas e hortaliças nos quintais das residências ou em pequenas áreas margeando o município, como banana, caju e manga, além de hortaliças como abóbora e tomate (GUERRA, et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020). Esses vegetais servem como alimento para as diversas famílias, porém na época de colheita, grande parte do que é colhido é descartado, em função da sazonalidade de alguns vegetais, e o produtor não dá conta de consumir ou comercializar os frutos colhidos e acabam se perdendo, o que gera grande desperdício (GUERRA, et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020).

Na literatura cientifica, existem algumas propostas de desidratadores alternativos (FEIDEN et al., 2015; WEIRICH NETO et al., 2016; CAVALCANTI; VILELA, 2018; CORNEJO, 2018). No entanto, são equipamentos grandes e pesados, construídos com materiais de difícil manuseio, o que dificulta o deslocamento e armazenamento. Diante do apresentado, pensou-se no desenvolvimento de uma tecnologia social e sustentável, feito com materiais reciclados e de baixo custo, para que todas as pessoas que tenham interesse possam ter acesso e realizar a desidratação em suas próprias casas, de alimentos que seriam desperdiçados. Permitindo assim, que, além do uso para consumo da própria família, poderia ser uma fonte de renda, com a venda para quitandas ou em feiras livres, promovendo ganho de renda.

2 METODOLOGIA

Os protótipos de desidratadores foram desenvolvidos, montados e avaliados no laboratório 2, que é de multiuso do Centro Multidisciplinar da Barra da Universidade Federal do Oeste da Bahia e instalado na área experimental da universidade. O clima da região é do tipo BSh-semiárido quente, de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, com médias anuais de precipitação de 649 mm, umidade relativa de 67%, e temperatura média anual de 25,7 °C.
Para o desenvolvimento e montagem dos desidratadores foi necessário o emprego de alguns materiais reciclados e de fácil acesso à população, além de ser de baixo custo. A seguir estão listados os materiais e ferramentas que foram empregadas na montagem dos desidratadores de papelão e Isopor® e seus respectivos valores (Tabela 1).

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Tabela 1- Materiais necessários e os custos (R$) para montagem dos desidratadores de papelão (CP) e de isopor® (CI).

Materiais utilizados	CP	CI
20 abraçadeira de plástico	10,00	10,00
01caixa de papelão 59x31x30 cm	-	-
01 caixa de Isopor® 55x38x34 cm	-	45,00
03 cola de 90 ml para Isopor®	15,00	15,00
01 hélice 3 pás (13 cm de diâmetro)	-	-
04 joelhos lisos de PVC DN20 mm	4,00	4,00
0,25m² de tela de sombreamento 80%	3,13	3,13
0,5 m² de tela galvanizada fio 22	4,50	4,50
04 m de tubo liso PVC DN20 mm	12,00	12,00
01 motor de ventilador V/60Hz	-	-
02 rolo de papel alumínio 7,0x0,3 m	12,00	12,00
12 tês lisos de PVC DN20 mm	12,00	10,00
01 tesoura doméstica	9,00	9,00
01 lâmina de serra	5,00	5,00
01 estilete de corte	5,00	5,00
Total (R$)	91,63	134,63

Fonte: Autoria própria.

Para o desenvolvimento do protótipo de Papelão foi selecionada nos mercados da cidade uma caixa de papelão ondulado com dimensões próximas de 59 cm de comprimento, 31 cm de profundidade e 30 cm de largura, com área útil da bandeja de desidratação de 0,1092 m². Na seleção da caixa de papelão, teve-se o cuidado de obter aquelas destinadas à embalagem de alimentos. Após a seleção da caixa, ela foi higienizada com álcool 70% e solução de hipoclorito de sódio 100 ppm, para eliminação de possíveis microrganismos, uma vez que, a caixa estava sendo reutilizada. Após a higienização da caixa de papelão, ela foi totalmente coberta com camada dupla de papel alumínio, fixado com cola específica para poliestireno expandido. Após, a caixa foi novamente esterilizada com álcool 70% e hipoclorito de sódio (4 mL L^{-1}).

A etapa seguinte prossegue-se da montagem do suporte que serviu de apoio para a bandeja. Nesse suporte foram empregados 4 m de tubo de PVC DN20 mm e 08 Tês DN20 mm, ambos para água fria. A montagem foi realizada da seguinte forma: recorte do cano de PVC com auxílio de uma lâmina de serra. Foram necessárias 04 partes com 23 cm, 04 partes com 08 cm e 04 partes com 11 cm de comprimento do cano de PVC DN20 mm. Após o corte das partes do cano PVC, procedeu-se com os encaixes entre os pedaços do cano e os Tês, fazendo a estrutura do suporte. A fase posterior foi à montagem da bandeja para suporte dos vegetais a serem desidratados. Para isso foram necessários 04 Tês de PVC DN20 mm, 04 Joelhos de PVC DN 20 mm, 02 partes de PVC DN20 mm medindo 10 cm de comprimento, 04 partes de PVC DN20 mm medido 12 cm de comprimento e 04 partes de PVC DN20 mm medido 22 cm de comprimento. Da mesma forma que para o suporte, encaixou-se os tubos nos joelhos e Tês, de modo que a bandeja ficou com formato retangular. Em seguida encaixou-se e fixou-se a tela galvanizada malha fio 22 na estrutura da bandeja. Para a fixação da tela, foram utilizadas abraçadeiras de plástico.

Para ambos os desidratadores, em ambas as caixas se fez a abertura de 04 orifícios retangulares com as bordas arredondadas na lateral medindo 07 cm x 04 cm cada um, utilizando um estilete.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

As aberturas servem para facilitar a circulação de ar entre os meios internos e externos do desidratador. Após a abertura, fixou-se uma tela de sombreamento 80% nos orifícios, com auxílio de cola para poliestireno expandido, pois além de possibilitar a troca de ar do sistema, evita-se e protege a entrada indesejada de insetos. Prosseguindo, a próxima etapa foi feita a abertura de um orifício circular, com 11 cm de diâmetro, para encaixe do motor que movimentará a hélice para circulação de ar dentro do desidratador, na lateral oposta aos orifícios de passagem de ar.

Para a confecção da tampa do desidratador de papelão, fez-se um recorte de uma caixa com dimensões semelhantes à utilizada para fazer o desidratador uma seção transversal com 7 cm de altura de forma a se obter uma estrutura com forma retangular, sendo preciso cobrir com papel alumínio a estrutura da tampa, posteriormente colou-se o plástico transparente de 60 micras de espessura na estrutura da tampa, para possibilitar que a radiação solar chegasse aos alimentos que seriam desidratados e evitar a entrada indesejada de insetos. Para finalizar o desidratador, após a confecção de todas as partes que o compõe, fez-se a montagem, sendo uma montagem bem simples e prática: após cobrir a caixa com dupla camada de papel alumínio e colocar o ventilador e as telas de sombreamento nos orifícios de circulação de ar, colocou-se o suporte da bandeja dentro do desidratador, em seguida inseriu-se a bandeja sobre o suporte e por último encaixou-se a tampa no desidratador. Salienta-se que todas as partes laváveis do desidratador foram lavadas com água e sabão neutro antes do uso. As demais partes foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio e álcool 70% antes do uso.

Para o desenvolvimento do protótipo de Isopor® foi adquirida uma caixa de Isopor® com capacidade para 50 litros, com comprimento de 55 cm, 34 cm de profundidade e 38 cm de largura, a área útil da bandeja de desidratação de 0,112 m². Ela foi higienizada com álcool 70% e solução de hipoclorito de sódio (4 mL L^{-1}), para eliminação de possíveis microrganismos. Em seguida, a mesma foi totalmente coberta com camada dupla de papel alumínio, fixado com cola específica para poliestireno expandido. Após essa etapa, a caixa foi novamente esterilizada com álcool 70% e solução de hipoclorito de sódio (4 mL L^{-1}). Para a confecção e montagem do suporte, bandeja e confecção da tampa, seguiu-se de forma semelhante ao desidratador de papelão, com diferenças penas nas dimensões, para atender ao tamanho da caixa de Isopor®.

Foram quantificados os tempos para secagem dos vegetais, ajustando a melhor equação de regressão. Com a finalidade de um melhor aproveitamento da incidência dos raios solares, foi observado um local que permitisse essa condição antes do início do experimento. Após definição do local, instalou-se um suporte com 01 m de altura para disposição dos desidratadores experimentais, voltados para a posição leste/oeste.

Para determinar o ponto de desidratação adequado para cada espécie, foram realizados pré-testes com todas as espécies que seriam desidratadas. Para isso, foram preparadas amostras em triplicata de 20 g para cada vegetal avaliado e levadas à estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 70 °C até peso constante, durante um período de 48 e 72 horas, de acordo com cada vegetal (DETMANN, et al., 2012).

Para avaliar o tempo de desidratação e desempenho dos desidratadores, utilizou-se frutas e hortaliças, tais como banana, caju, manga, mamão, goiaba, tomate, abobora, cenoura, adquiridos no comércio local. No momento da compra, selecionou-se aqueles com melhor aparência geral e sem sintomas de desidratação aparente.

Para reduzir a carga microbiana nesses vegetais, os mesmos passaram por uma tríplice lavagem, com água corrente, com sabão neutro e enxaguados em água de torneira para retirada de sujidades aderidas aos vegetais e imediatamente mergulhados em solução de cloro na concentração de 4 mL L^{-1} por 10 a 20 minutos, uma vez que se objetivou o armazenamento por um longo período de tempo do material desidratado.

Decorrido o tempo estabelecido, os vegetais foram retirados e novamente lavados em água de torneira para retirada do excesso de cloro. Após, os vegetais foram secos ao ar livre sobre papel absorvente e imediatamente destinados para o processamento e desidratação. Cada vegetal individual foi processado por vez, ou seja, no momento que estava sendo desidratada banana, somente essa fruta era processada, e assim ocorreu com os demais. Essa medida serviu para determinar as condições ideais que cada vegetal necessita. Dessa forma, teve-se ao final do experimento dados realísticos sobre a temperatura atingida naqueles dias, tempo para desidratar e o percentual de perda de água para cada vegetal.

Para banana, foram utilizados frutos de cultivares do tipo prata, no estádio 6 de amadurecimento (casca completamente amarela), sendo o fruto descascado, pesado em balança semianalítica e imediatamente transferido ao inteiro para o desidratador. No caso de manga foi utilizado frutos de cultivares tipo Tommy Atkins, no estádio 4 de amadurecimento, os frutos fisiologicamente maduros, mas com polpa ainda consistente foram descascados, sendo feitos cortes irregulares de forma perpendicular ao caroço para retirada da polpa aderida a sementes, a polpa foi pesada em balança semianalítica. Em seguida a polpa foi disposta sobre a tela de secagem no desidratador. Para caju, goiaba e cenoura em função de serem consumidos normalmente com a casca, os mesmos não foram descascados e após lavagem foram pesados em balança semianalítica. Em seguida, foram fatiados em fatias transversais de aproximadamente 2 mm de espessura e imediatamente depositados sobre a tela dos desidratadores.

Para tomates, após a lavagem os mesmos foram partidos ao meio, retiradas as sementes e imediatamente a polpa foi pesada e em seguida depositada sobre a tela do desidratador. Para a abóbora foi utilizada o híbrido Tetsukabuto, foi realizada a retirada da casca e após a lavagem, foram realizados cortes em cubos de 01 cm^2 e levados para desidratar.

Para qualquer uma das espécies vegetais em questão, o desidratador foi exposto ao sol no período das 09h às 17h, com ventilador para circulação do calor funcionando initerruptamente durante todo o momento de exposição à radiação solar. As temperaturas e a umidades relativa do ar internas e externas dos desidratadores foram aferidas às 9h, 12h, 14h e 16h, com auxílio de termômetro e um termo higrômetro, ambos digitais. O tempo de desidratação para cada espécie foi determinado, para assim se estabelecer protocolos do binômio desidratador e espécie, percentual de perda de massa de matéria fresca de cada uma das espécies, com base na determinação de massa de matéria fresca realizada em estufa de circulação forçada regulada para 70 °C até peso constante.

Para melhor avaliação da eficiência do desidratador de papelão, o mesmo foi comparado a um desidratador de isopor® semelhante, os parâmetros comparados foram: temperatura máxima interna atingida, taxa de perda de massa fresca dos materiais desidratados, tempo necessário para desidratação e umidade interna.

As médias referentes às variáveis analisadas foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o Software SISVAR.

3 RESULTADOS

Antes da montagem do experimento para avaliação do desempenho dos desidratadores, obtiveram-se os dados relativos a massa de matéria seca dos vegetais empregados na pesquisa, como abóbora, banana, caju, cenoura, goiaba, mamão, manga e tomate (Tabela 2).

Verifica-se que para a goiaba e cenoura, foram necessárias 48 horas para estabilização da massa, enquanto para os demais vegetais avaliados foram 72 horas na estufa de circulação de ar. O tempo médio de exposição à radiação solar em cada vegetal para atingir o percentual de perda de água ideal, foi em média de 8 horas (Tabela 3)

Tabela 2 - Tempo em horas, necessário para secagem e obtenção da massa de matéria seca das frutas e hortaliças obtidas em estufa de circulação forçada de ar a 70 ºC.

Vegetais	Tempo (horas)	% Matéria seca
Abóbora	72	13,78
Banana	72	26,35
Caju	72	12,05
Cenoura	48	13,36
Goiaba	48	21,26
Mamão	72	13,92
Manga	72	19,67
Tomate	72	5,60

Fonte: Autoria própria.

Observou-se umidade relativa interna média de 38% e 37,6% para os desidratadores de Papelão e Isopor®, respectivamente às 09:00 horas. Três horas após o início da desidratação, verifica-se aumento da umidade interna dos desidratadores, em função da perda de água dos vegetais (Figura 1). A temperatura externa máxima foi de 37,5 °C às 14:00 horas. O pico para as temperaturas internas máximas ocorreu às 14:00 horas, atingido 64,8 °C e 66,6 °C, para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente (Figura 1). Observar-se que a temperatura vai aumentando ao longo do dia, chegando ao pico de máxima temperatura entre 12:00 as 16:00 horas, a partir daí a temperatura passou a cair a medida foi se aproximando do final do dia, sendo igual para todos os testes em todos os vegetais e desidratadores (Figura 1).

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Tabela 3 - Tempo de exposição em horas (TEH) e percentuais de perda de água durante secagem de frutas e hortaliças nos protótipos de desidratadores solar de papelão (PDP) e isopor® (PDI).

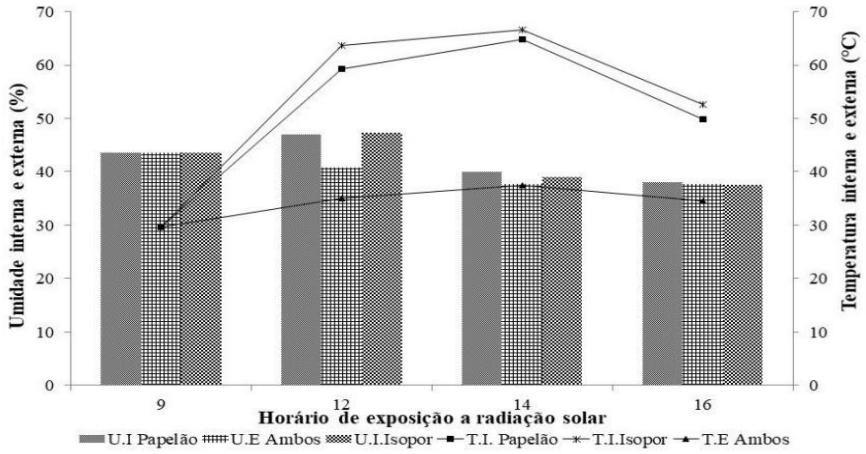
Vegetais	TEH	PDP (%)	PDI (%)
Abóbora	8	84,26	86,15
Banana	8	37,00	39,92
Caju	8	84,68	85,55
Cenoura	8	87,55	87,91
Goiaba	8	81,74	82,18
Mamão	8	86,39	86,60
Manga	8	80,94	80,92
Tomate	8	50,69	65,45

Fonte: Autoria própria.

Em todos os vegetais e desidratadores avaliados ajustou-se melhor a equação exponencial de decaimento com dois parâmetros (Figura 2). Verifica-se dessa forma, que ambos os desidratadores foram eficientes na desidratação dos vegetais.

Para a abóbora, no início da desidratação as 09:00 h, as amostras apresentavam massa de matéria fresca média de 50 g. Após 3 horas, a massa fresca reduziu para 19,5 g (61,23 %) e 13,96 g (72,24 %) no desidratador de papelão e isopor®, respectivamente, (Figura 2A). Após esse fato, as reduções de massa fresca das amostras tenderam a estabilizar, chegando ao fim da desidratação com massa média de 7,94 g (84,26 %) e 7,03 g (86,15 %) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente.

Figura 1 - Curvas de temperaturas internas (T.I) e externas (T.E) e umidade relativa do ar interna (U.I) e externa (U.E) médias dos desidratadores de papelão e isopor® durante a desidratação de amostras de todos os vegetais.



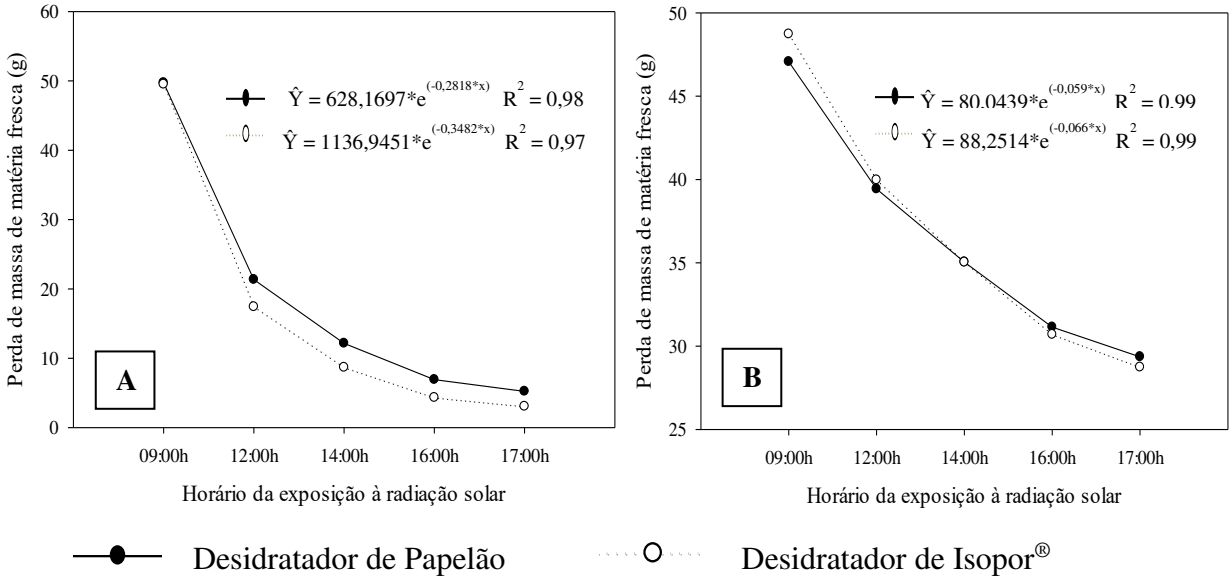
Fonte: Autoria própria.

As amostras de banana com massa média de 50 g, a massa reduziu para 39,3 g (16,93%) e 40,09 g (17,9%) nos desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente (Figura 2B). Após isso, a perda de massa de matéria fresca tendeu a estabilização, chegando ao fim da desidratação com massa média de 29,9 g (37%) e 29,34 g (39,92%) para os desidratadores de papelão e isopor®,

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

respectivamente. Da mesma forma, o caju, após 3 horas a massa reduziu para 18,11 g (63,91%) e 16,48 g (67,25%), para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente (Figura 3A). Após isso, a perda de massa das amostras tendeu a estabilização, chegando ao fim da desidratação com peso médio de 4,48 g (84,68%) e 3,5 g (85,55%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente.

Figura 2 - Curvas de perda de água para amostras de abóbora (A) e banana (B) desidratadas em desidratador de papelão e isopor®.

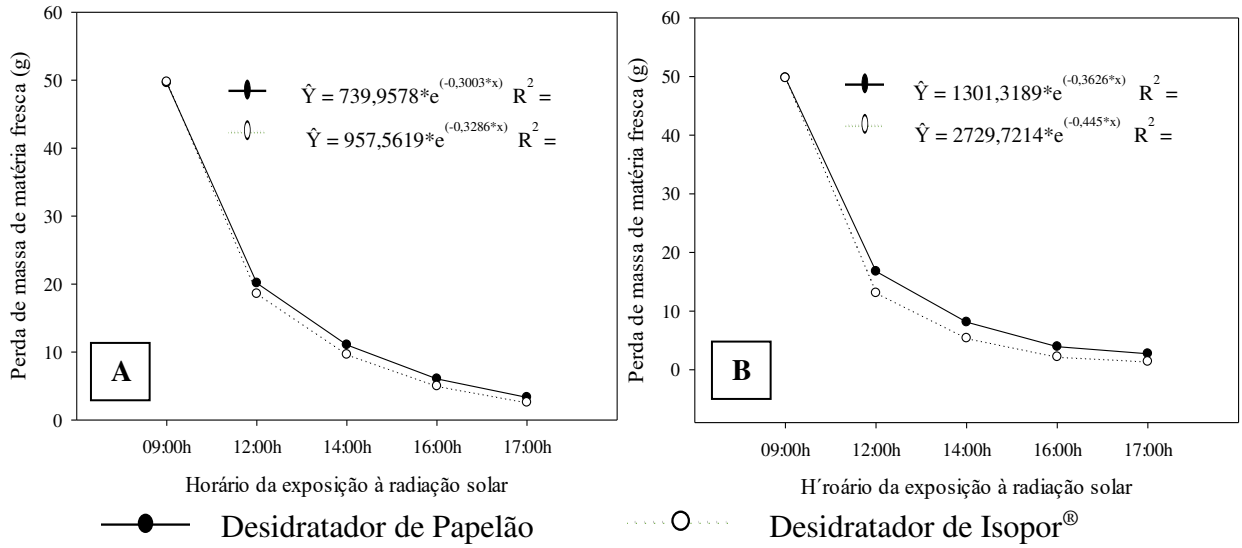


Fonte: Autoria própria.

Na cenoura a massa reduziu para 14,29 g (71,6%) e 9,77 g (80,55%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente (Figura 3B). Após, a perda de massa das amostras tendeu a estabilização, chegando ao fim da desidratação com massa média de 6,31 g (87,55%) e 6,18 g (87,91%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente. Para a goiaba a massa reduziu para 18,87 g (63,23%) e 17,06 g (66,19%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente (Figura 4A). Após, a perda de massa das amostras tendeu a estabilização, chegando ao fim da desidratação com massa média de 9,17 g (81,74%) e 8,94 g (82,18%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente.

Para o mamão, a massa reduziu para 16,87 g (66,72%) e 16,67 g (67,01%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente (Figura 4B). Após, a perda de massa das amostras tendeu a estabilização, chegando ao fim da desidratação com peso médio de 6,84 g (86,39%) e 6,65 g (86,60%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente. A manga houve redução para 17,76 g (64,8%) e 15,58 g (69,39%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente, (Figura 5A). Da mesma forma que os outros vegetais, a perda de massa das amostras tendeu a estabilização, chegando ao fim da desidratação com peso médio de 9,75 g (80,94%) e 9,72 g (80,92%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente.

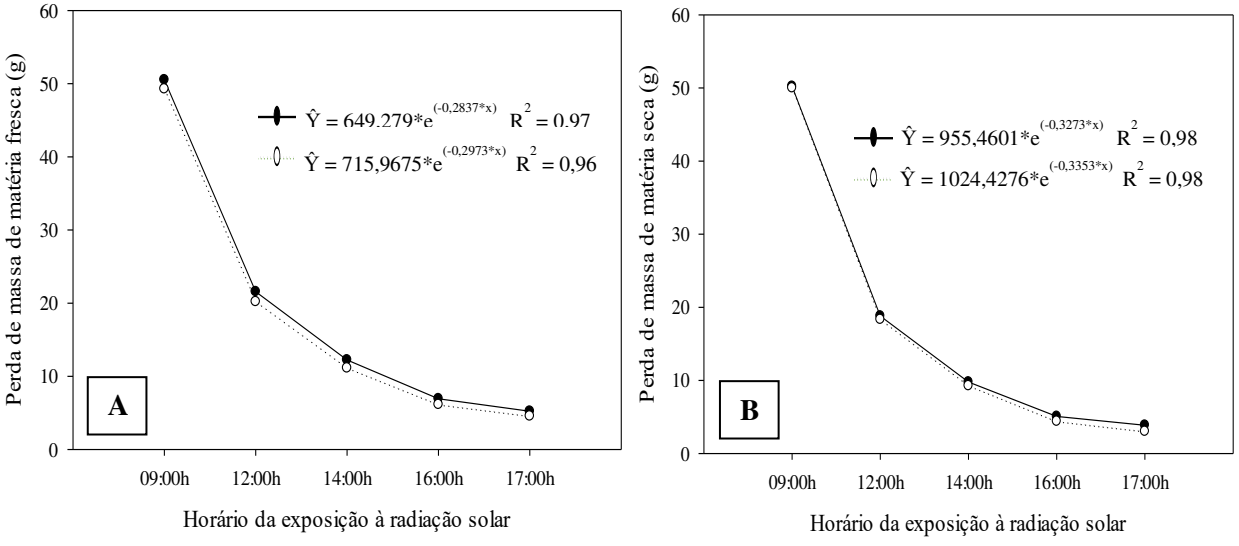
Figura 3 - Curvas de perda de água para amostras caju (A) e cenoura (B) desidratadas em desidratador de papelão e isopor®.



Fonte: Autoria própria.

Para o tomate, a massa reduziu para 38,01 g (25,06%) e 33,6 g (34,28%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente (Figura 5B). Após isso a perda de massa das amostras tendeu a estabilização, chegando ao fim da desidratação com peso médio de 25,27 g (50,69%) e 16,9 g (65,45%) para os desidratadores de papelão e isopor®, respectivamente.

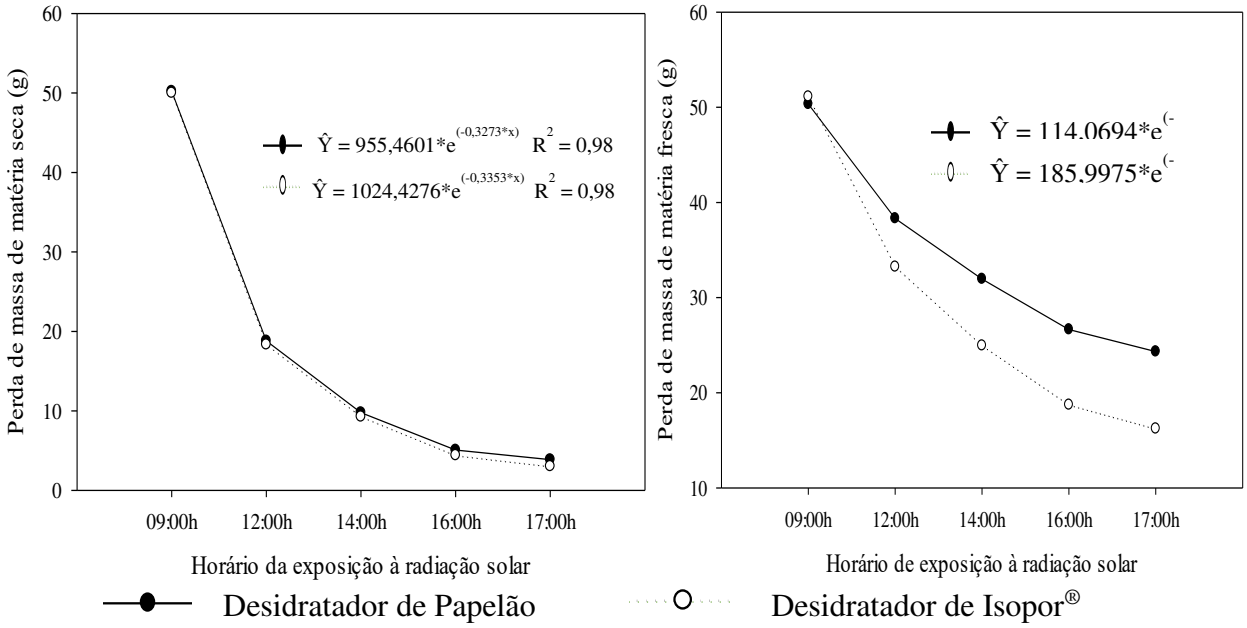
Figura 4 - Curvas de perda de água para amostras de goiaba (A) e mamão (B) desidratadas em desidratador de papelão e isopor®.



Fonte: Autoria própria.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Figura 5 - Curvas de perda de água para amostras de manga (A) e tomate (B) desidratadas em desidratador de papelão e isopor®.



Fonte: Autoria própria.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Assim, quanto maior for à temperatura externa, maior será a temperatura interna do desidratador em função uso do papel alumínio, permitindo que a energia recebida em forma de raios solares se transforme em calor e fique retida, sendo refletida para os alimentos no interior dos desidratadores. O pico de temperatura máxima varia com o horário, de acordo com a nebulosidade instantânea, que causa o sombreamento, afetando diretamente a temperatura interna do desidratador, podendo ser atingido entre os horários das 12:00 às 16:00 horas (Figura 1).

Conforme Machado (2008) grandes áreas de superfície proporcionam maior contato com o ar aquecido, aumentando a superfície para a saída da umidade interna do alimento. Enquanto, os demais que foram somente partidos ao meio, como tomate, tendo uma menor superfície de contato com o ar, obtiveram taxa de perda de água um pouco menor que os vegetais que foram fatiados. E por fim, a banana que foi colocada inteira nos desidratadores, mesmo após 8 horas obteve taxa de perda de massa fresca baixa comparada aos vegetais fatiados e partidos ao meio. Isso pode ter ocorrido devido ao seu teor de água em torno de 73%, sendo a fruta dentre as demais com a menor taxa de água em sua composição, aliado a nenhum tipo de corte o que não favoreceu o aumento da superfície de contato com o ar para um melhor desempenho durante o processo de desidratação e com o alto teor de açucares presentes na poupa da banana acabaram interferindo no processo de perda de água dela, sem, no entanto, interferir na qualidade final do produto.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

De acordo com os dados obtidos percebe-se que a maior taxa de perda de água ocorre nas primeiras 3 horas da desidratação (Figura 2), uma vez que, ao longo do período de exposição, a taxa de perda de água vai caindo e tende a se estabilizar, e depende do tipo de vegetal e da espessura de cada parte que está sendo desidratada. Segundo (BEZERRA, 2007), para os vegetais a serem desidratados é ideal que sejam submetidos a cortes pequenos ou de pequena espessura, com o objetivo de reduzir a distância pela qual o calor precisa passar para atingir o centro geométrico do alimento e da mesma forma diminuindo a distância pela qual a umidade precisa percorrer até a superfície do material. Desta forma, então ser vaporizada para o ar e levada pela corrente de ar, e consequentemente não havendo o acúmulo de vapor de água e condensação desses vapores de água na tampa do desidratador.

Os vegetais que mais se destacaram durante o processo de desidratação foram a abóbora, caju, cenoura, goiaba, mamão e manga, devido serem previamente cortados em pequenos cubos e fatias finas, assim facilitando e acelerando o processo de perda água do vegetal, uma vez que foi feito os cortes de modo a aumentar a área de superfície de contato do vegetal com o ar e diminuir a espessura da camada do vegetal de modo a facilitar a entrada de calor e saída da umidade do vegetal (BEZERRA, 2007; MACHADO, 2008).

Durante a desidratação dos vegetais, devido à radiação solar direta e contato com o ar, ao final da desidratação os vegetais apresentaram uma pequena mudança de coloração em relação à cor natural (vegetal fresco) no início da desidratação devido à oxidação natural que ocorre quando o vegetal entra em contato com o ar resultando no escurecimento do vegetal (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Quanto ao aroma, percebeu se que não houve modificações perceptíveis no mesmo. Por meio do tato percebeu se que houve mudança na consistência dos vegetais, pois, quase toda a água presente no vegetal foi perdida, ficando na maior parte apenas a matéria seca sendo consistente. Após a desidratação dos vegetais houve uma diminuição significativa do volume e massa devido à perda de água ocorrida durante o processo de secagem. No entanto, salienta-se que essas mudanças todas são normais e esperadas no processo, e todos os vegetais desidratados estavam aptos ao consumo.

A temperatura e umidade relativa do ar são uns dos fatores que possibilitam a perda de água dos vegetais, pois, a alta temperatura e baixa umidade favorecem a evaporação da água presente na camada limítrofe do vegetal em processo de desidratação. A secagem solar pode ser realizada por meio de dois processos, a secagem de exposição direta e a secagem de exposição indireta. No primeiro tipo de secagem o alimento é exposto à radiação solar e por absorção da energia e em contato com o ar circulante, a umidade se vaporiza na atmosfera.

CONCLUSÃO

Os dois protótipos desidratadores apresentaram resultados semelhantes e foram eficientes na desidratação de abóbora, banana, caju, cenoura, goiaba, mamão, manga e tomate, proporcionando às frutas e hortaliças uma taxa de até 12% a 14% de massa de matéria seca dependendo da espécie desidratada, com um período de exposição total de 8.

A relação entre a temperatura ambiente e a temperatura interna do desidratador, demostrou que os materiais de baixo custo aproveitados podem ser utilizados como uma tecnologia sustentável e social para a captação de energia solar para a secagem de frutas e hortaliças.

RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, v.4, n. 3, set/dez 2022.
ISSN: 2674-9270. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Indica-se o protótipo desidratador de papelão por apresentar menor custo de produção, em torno de R$ 91,63.

REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS. 2022. Disponível em: https://abrafrutas.org/2019/11/os-rumos-da-producao-de-frutas-no-brasil/#:~:text=A%20fruticultura%20abrange%20em%20torno,de%2037%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas. Acesso em: 30/11/2022.

ABRAFRUTAS- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS. 2022. Disponível em: https://abrafrutas.org/2019/03/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo-diz-abrafrutas/. Acesso em: 30/11/2022.

ALESSI, E. S.; CARMO, L. F.; SILVA, P. P. M.; SPOTO, M. H. F. Processo produtivo de tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini-tomates congelados. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 2, p.1049-1061, 2013.

ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. **Holos**, v. 4, n. 32. p. 197-205, 2016.

ALVES, M.G.; UENO, M. Identificação de fontes de geração de resíduos sólidos em uma unidade de alimentação e nutrição. **Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v. 10. n. 4, p. 874-888, 2015.

ARAÚJO, C. V.M.; GUERRA, F. K. O. M. V.; VALE, M. R. B. G. Construção de secador solar no semiárido nordestino utilizando materiais recicláveis. **Anais...** VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Fortaleza, 01 a 05 de junho de 2020.

AZOUBEL, P.M.; BAIMA, M. A. O.; AMORIM, M. R.; OLIVEIRA, S. S. B. (2010). Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 2, p. 194-198.

BEZERRA, T. S. (2007). Desidratação de hortaliças: aspectos teóricos. 54 f. Monografia (Especialização em Tecnologia dos Alimentos) - Universidade de Brasília, Brasília.

CAVALCANTI, L. A. P.; VILELA, I. R. Desenvolvimento de protótipo desidratador solar de frutas com utilização de material reciclado. **Revista Semana Acadêmica**, vP. 1-17. 2018.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Versão ampliada e atualizada. Lavras: UFLA, 2005. p. 320.

CORNEJO, F. E. P. **Construa você mesmo um desidratador de alimentos**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Documentos 130). 2018. 23p.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco. Suprema, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Perdas e desperdício de alimentos**. 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos. Acesso em: 08/06/2022.

FEIDEN, A.; FEIDEN, A.; GALVANI, F.; CAMPOLIN, A. I. **Desidratação de frutas utilizando secador solar**. Embrapa Pantanal (comunicado técnico, 98), p. 1-5. 2015.

GUERRA, A. M. N. M.; SANTOS, D. S.; SILVA, P. S.; SANTOS, L. B. Perfil dos consumidores e comerciantes de hortaliças em feira livre na cidade de Barra, BA. Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v. 12, n. 4, p. 39-45, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2021. Disponível em: <http://ibge.gov.br/>. Acesso em: 08/09/2022.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2022. Disponível em: https://tempo.inmet.gov.br/GraficosDiarios/A221. Acesso em 30/11/2022.

MACHADO, C. M. M. **Processamento de hortaliças em pequena escala**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 99p.

OLIVEIRA, I.; AQUINO, C. F.; GUERRA, A. M. N. DE M.; BEZERRA NETO, F. DAS C. B., CAIANA, C. R. A.; MEDEIROS, A. C.; MARACAJÁ, P. B. Perfil socioeconômico dos consumidores e comerciantes de frutas da Barra-BA. **Research Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 01-22, 2020.

PLANETA ORGÂNICO. **Pós-colheita: conservação de frutas e hortaliças**. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <http://planetaorganico.com.br/site/index.php/pos-colheita-conservacao-de-frutas-e-hortalicas-3/>. Acesso em: 06/19/2022.

PONTES, S. F.; BONOMO, R. C. F.; PONTES, L. V.; RIBEIRO, A. C.; CARNEIRO, J. C. S. Secagem e avaliação sensorial de banana da terra. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 143-148, 2007.

SPAGNOL, W.; SILVEIRA JUNIOR, V.; PEREIRA, E.; GUIMARÃES FILHO, N. Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21 n. e2016070, p. 01-10, 2018

WEIRICH NETO, P. H.; BERGAMINI, Y. A. L.; EURICH, J.; SOUZA, N. M.; ROCHA, C. H. Desidratador de frutas com uso de energia solar direta. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 01-11, 2016.

Recebido em: *25 de setembro 2022*

Aceito em: *08 de dezembro 2022*