

APERFEIÇOAMENTO DE SECADOR SOLAR PORTÁTIL NO SEMIÁRIDO POTIGUAR

Igor Pacífico Xavier da Silva¹, Fabiana Karla de Oliveira Martins Varela²

Resumo: O semiárido potiguar com sua geografia privilegiada que proporciona radiação solar e altas temperaturas durante todo o ano, apresenta-se como um cenário adequado para a implementação de tecnologias sustentáveis como o secador solar. O equipamento estudado no presente trabalho opera com base na convecção natural e exposição direta ao sol, o que representa uma solução de baixo custo para a desidratação de alimentos, sendo particularmente benéfico para as comunidades rurais da região. Foram realizadas modificações, referentes a mobilidade e inclinação do plano de trabalho, em um protótipo de secador solar desenvolvido em Mossoró, Rio Grande do Norte (RN), e posteriormente foram realizados ensaios práticos utilizando alimentos comuns à comunidade local como por ex., batata doce, alho, pimentão, milho, feijão e macaxeira. Através da análise dos resultados pode-se concluir que as alterações realizadas no secador solar resultaram em avanços na sua mobilidade e desempenho operacional.

Palavras-chave: Portabilidade. Secagem de alimentos. Secador solar. Energia solar térmica.

1. INTRODUÇÃO

A posição geográfica brasileira garante uma abundante incidência de radiação solar durante todo o ano no país, tornando o aproveitamento da energia solar de suma importância na atualidade por ser uma fonte de energia limpa, renovável e que não prejudica o meio ambiente. Entretanto, para a devida utilização dessa forma de energia, faz-se necessário a implantação de tecnologias no ramo [1].

A região Nordeste do Brasil possui os melhores índices de radiação solar anual do país. E com isso, a utilização dessa energia torna-se uma alternativa ambientalmente adequada e sustentável para a aplicação de projetos de baixo custo, com a finalidade de auxiliar pequenos agricultores e famílias de baixa renda [2].

O setor da fruticultura é um dos mais relevantes para o agronegócio brasileiro, no qual o país ocupa o terceiro lugar como maior produtor mundial de frutas, ficando atrás somente da China e da Índia [3]. Contudo, a carência de infraestrutura apropriada, o manuseio inadequado e o armazenamento indevido desses alimentos geram uma grande problemática, como o desperdício [4].

Para tal problemática, o emprego da energia solar apresenta-se como uma solução eficaz na secagem de frutas, grãos, ervas e outros produtos alimentícios, bem como a utilização de secadores solares cuja principal finalidade é a redução/eliminação da umidade dos alimentos a partir da exposição solar. A desidratação prolonga a vida útil dos alimentos, visto que impede a proliferação de microrganismos, e com isso evitando a decomposição, além de manter suas propriedades nutricionais originais. Os produtos desidratados podem servir como matéria-prima para a fabricação de diversos alimentos, como por exemplo, massas, biscoitos, doces, farinhas entre outros. [5].

Posto isso, no presente trabalho será realizado um estudo a partir do secador solar de exposição direta, desenvolvido por [6], com o objetivo de aperfeiçoar a sua mobilidade e desempenho no processo de secagem de alimentos.

2. SECADOR SOLAR

Os secadores solares são sistemas de energia solar ativa que captam a energia do sol, e a transformam em energia térmica, para fornecer calor ao alimento posto no secador [7]. Estes sistemas são classificados a partir do tipo de exposição ao sol, a saber, exposição direta, quando o alimento é posto diretamente sobre o coletor, de modo que a radiação solar incida diretamente sobre ele; e exposição indireta, quando se faz o uso de uma câmara que separa o material a ser seco do meio externo, e quanto ao regime de operação que pode ser por convecção natural (secagem passiva), onde o ar circula espontaneamente em seu interior; e convecção forçada (secagem ativa), no qual se faz o uso de ventiladores ou bombas para retirar a umidade do interior do secador. Existem também os secadores mistos ou híbridos, que fazem o uso dos dois tipos de exposição e regime de operação citados [7].

Comercialmente, pode-se encontrar tais equipamentos com valores distintos, a depender do tamanho e do

processo de funcionamento, podendo variar de US\$78,32¹ a preços em torno de US\$2140,81², valores cotados em setembro de 2024. Logo, torna-se atrativo disseminar o uso de secadores solares de baixo custo utilizando materiais recicláveis e de fácil confecção e uso.

2.1. Secador solar de baixo custo

A utilização de materiais de baixo custo permite o desenvolvimento de protótipos que visam a criação de comunidades sustentáveis, ações contra as mudanças climáticas, a saúde e bem estar da sociedade, e a redução de resíduos sólidos gerados a partir do consumo humano [8].

O secador solar de baixo custo surge como alternativa sustentável, podendo ser aplicada em comunidades rurais, por famílias de baixa renda e pequenos agricultores, com o objetivo de realizar a secagem de alimentos e proporcionar melhoria na qualidade de vida. O uso de tecnologias de baixo custo para a secagem de alimentos não só reduzem os impactos ambientais, como também os gastos com energia elétrica.

É importante destacar que, por definição, o alimento considerado seco é o resultado da remoção parcial de água do alimento através de métodos tecnológicos apropriados. Para a obtenção deste produto devem ser utilizadas frutas maduras, saudáveis e limpas. Os alimentos desidratados não podem conter substâncias estranhas em sua composição comum, exceto as previstas em norma e não devem apresentar fermentações. As características sensoriais dos produtos secos, quanto ao aspecto físico, podem ser inteiras ou em pedaços e devem apresentar as mesmas características (cor, cheiro e sabor) do produto antes da secagem. E por fim, com relação à umidade, eles devem ter, no máximo, 25% do teor de umidade (massa úmida) original [9].

O uso e substituição dos materiais utilizados em secadores solares convencionais por materiais de fácil acesso tem sido um desafio na busca pela redução dos custos de produção e implantação desse sistema, e com isso pesquisas sobre os materiais e métodos para este fim tem se tornado uma pauta relevante.

Atualmente, podem-se encontrar secadores solares de baixo custo fazendo o reaproveitamento de materiais que seriam comumente descartados, como restos de madeira, placas metálicas, calhas de alumínio, caixas de papelão, entre outros. Na região Nordeste do Brasil já foram desenvolvidos alguns protótipos de secador solar utilizando materiais alternativos, cada um com as suas particularidades, a fim de diminuir o desperdício de alimentos. A partir disso, a seção 2.2 mostrará algumas tecnologias desenvolvidas³ e que seguem a mesma linha de pesquisa do presente trabalho.

2.2. Tecnologias desenvolvidas

Esta subseção irá tratar dos secadores solares alternativos já desenvolvidos, bem como detalhar esses trabalhos quanto aos seus objetivos, metodologia e análise dos resultados, que foram tomados como base para o presente estudo. A Figura 1 ilustra os trabalhos a serem descritos nas subseções seguintes.

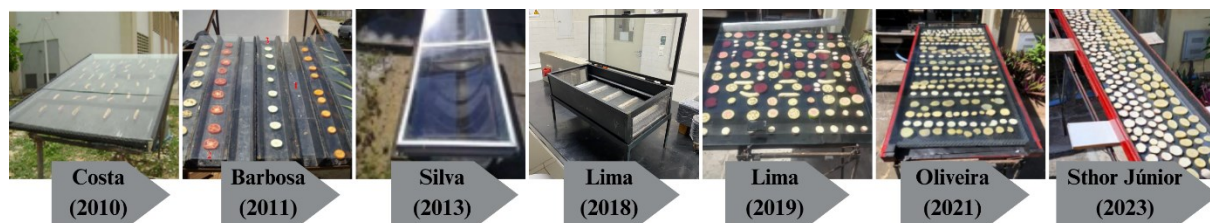


Figura 1. Trabalhos desenvolvidos no RN. (Autoria própria)

2.2.1. COSTA, 2010: Obtenção e caracterização de farinha de frutas e vegetais através do uso de um sistema de secagem solar de baixo custo

[10] apresentou um estudo a respeito de um sistema de secagem solar de baixo custo com o objetivo de promover a desidratação de frutas, visando massificar seu uso por comunidades carentes do estado do Rio Grande do Norte (RN). O secador foi desenvolvido e instalado nas dependências do Núcleo de Tecnologia Industrial da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). As principais frutas ensaiadas foram caju, manga e banana.

O secador proposto foi construído com materiais de baixo custo e recicláveis, como vidro, metal e madeira. Foi dada preferência por materiais recicláveis, tendo as seguintes dimensões 1,51m de comprimento, 1,0m de largura, 0,07m de altura. Para o ensaio foram utilizadas três amostras de cada produto disposto na entrada, meio e saída do secador e para cada amostra foi analisada a umidade inicial e final. O ensaio para o **caju** foi realizado em um tempo de 16 horas em uma amostra de 2273,5g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de

¹ Disponível em: [Desidratador De Alimentos Frutas Ariete B-dry 5 Bandejas 110V | MercadoLivre](#)

² Disponível em: [Desidratador De Alimentos, 16 Bandejas, Temporizador De 0-12 Horas | Amazon](#)

³ As tecnologias desenvolvidas são de exposição direta e possuem funcionamento a partir da convecção natural.

84,7%, um percentual de massa úmida de 15,3% com uma massa final de 347,8g. A amostra de **manga** ensaiada apresentava uma massa inicial de 3423,9g, após 9 horas de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 84,4%, massa final de 534,1g e massa úmida de 15,6%. Após um total de 16 horas de exposição a **banana** apresentou uma perda mássica total de 86,6% e 13,4% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 2078,4g e 277,7g.

2.2.2. BARBOSA, 2011: Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias

[11] desenvolveu em sua pesquisa um secador solar de baixo custo a partir de sucatas de luminárias com o objetivo de analisar a eficiência do processo de secagem do mesmo. O protótipo desenvolvido foi montado nas dependências do Laboratório de Máquinas Hidráulicas e Energia Solar (LMHES) da (UFRN).

Foram feitos testes de secagem de exposição direta em convecção natural para os alimentos: tomate, berinjela, cenoura, quiabo, goiaba e banana. O quiabo foi ensaiado inteiro e a banana cortada ao meio longitudinalmente e os demais alimentos foram cortados em fatias de 10mm. O ensaio para o **tomate** foi realizado em um tempo de 8h em uma amostra de 730,5g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 85,8%, um percentual de massa úmida de 20% com uma massa final de 103,9g. A amostra de **berinjela** ensaiada apresentava uma massa inicial de 455,4g, após 8 horas de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 89%, massa final de 50,2g e massa úmida de 4,3%. Após um total de 9h de exposição a **cenoura** apresentou uma perda mássica total de 82,6% e 3% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 287,7g e 50,5g. O ensaio para o **quiabo** foi realizado em um tempo de 9h em uma amostra de 152,7g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 83,4%, um percentual de massa úmida de 7,3% com uma massa final de 25,3g. A amostra de **goiaba** ensaiada apresentava uma massa inicial de 357,7 g, após 10 horas de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 77,7%, massa final de 79,9g e massa úmida de 8,6%. Após um total de 18h de exposição a **banana** apresentou uma perda mássica total de 63,5% e 9,2% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 227,7g e 82,7g.

2.2.3. SILVA, 2013: Estudo de um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno

O estudo desenvolvido por [12] teve como objetivo construir um secador solar alternativo de exposição direta a partir da sucata de tambor de polietileno (200 litros) e demonstrar a sua eficiência no processo de secagem de diferentes alimentos (abacaxi, banana, mamão, manga e pimentão). O protótipo estudado foi montado nas dependências do LMHES da UFRN. Os ensaios ocorreram durante o mês de julho de 2013 com médias de temperatura e radiação de, respectivamente, 31,8°C e 793 W/m².

Para cada ensaio foram selecionadas três amostras para controle de processo. A amostra 1 foi colocada próximo a entrada de ar do secador, a amostra 2 no meio e a 3, próximo a saída de ar do secador. O ensaio para o **abacaxi** foi realizado em um tempo de 17h em uma amostra de 3126g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 79,4%, um percentual de massa úmida de 7,6% com uma massa final de 642,8g. A amostra de **banana** ensaiada apresentava uma massa inicial de 2020,5 g, após 12 horas de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 64,3%, massa final de 707,5g e massa úmida de 15%. Após um total de 15h de exposição o **mamão** apresentou uma perda mássica total de 82,1% e 5,6% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 3274,2g e 586,5g. O ensaio para a **manga** foi realizado em um tempo de 18h em uma amostra de 2547g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 76,1%, um percentual de massa úmida de 10% com uma massa final de 608,5g. A amostra de **pimentão** ensaiada apresentava uma massa inicial de 2020,5 g, após 10h de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 89,6%, massa final de 142,1g e massa úmida de 3,6%. O desempenho do secador solar desenvolvido por [12] para a secagem dos alimentos abacaxi, banana, mamão, manga e pimentão foi de, respectivamente, 92,3%, 84,4%, 94,3%, 88,5% e 96,3%.

2.2.4. LIMA, 2018: Secador solar de baixo custo no semiárido potiguar: análise do desempenho

O trabalho desenvolvido por [13] teve como objetivo averiguar o desempenho de um secador solar de baixo custo a partir de melhorias realizadas no protótipo inicialmente desenvolvido por Pereira (2015) e posteriormente modificado por Góis (2016), como também foi analisado o desempenho secador considerando uma mudança na geometria do corte das frutas (maçã, banana e abacaxi). Desenvolvido em Mossoró/RN, o protótipo foi formado por aço 1020, tem dimensões de 65x31x15cm (comprimento, largura e altura). Ele foi pintado de preto fosco. Possuía aberturas de 24x9cm com telas de aço galvanizado. A cobertura do secador foi feita de vidro de 4mm. A estrutura é inclinada em 4°. As alterações feitas por [13], incluem a pintura interna com tinta preta fosca, para aumentar a absorção de calor, e a adição de uma tela de *nylon* para suporte.

No experimento 1, o corte dos alimentos foi feito com um mandolin a fim de se obter uma fatia mais uniforme, o ensaio para a **maçã** foi realizado em um tempo de 5h em uma amostra de 102g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 84%, um percentual de massa úmida de 16% com uma massa final de 16g. A amostra de **abacaxi** ensaiado apresentava uma massa inicial de 105g, após 5h de ensaio o alimento apresentou uma perda

mássica de 77%, massa final de 24g e massa úmida de 23%. Após um total de 5h de exposição a **banana** apresentou uma perda mássica total de 69% e 31% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 90g e 28g. No experimento 2, o fatiamento foi executado com o auxílio de uma faca, o ensaio para a **maçã** foi realizado em um tempo de 5h em uma amostra de 106g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 81%, um percentual de massa úmida de 19% com uma massa final de 20g. A amostra de **abacaxi** ensaiado apresentava uma massa inicial de 108g, após 5h de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 55%, massa final de 27g e massa úmida de 25%. Após um total de 5h de exposição a **banana** apresentou uma perda mássica total de 65% e 32% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 90g e 29g.

2.2.5. LIMA, 2019: Estudo de um secador solar de baixo custo para desidratação de alimentos

O objetivo da pesquisa desenvolvida por [14] foi demonstrar a viabilidade de utilização de um secador solar de baixo custo na desidratação de alimentos (banana, batata-doce, berinjela, beterraba, coco e goiaba). O equipamento foi montado nas dependências do LMHES da UFRN. O secador do estudo foi construído a partir de uma base de aço abandonada com 3mm de espessura, combinada com o uso de materiais de baixo custo e fácil acesso. Os ensaios ocorreram durante o mês de outubro de 2019 com médias de temperatura e radiação de, respectivamente, 30°C e 767 W/m².

O ensaio para a **banana** foi realizado em um tempo de 12h em uma amostra de 256g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 55,8%, um percentual de massa úmida de 16,8% com uma massa final de 115g. A amostra de **batata doce** ensaiada apresentava uma massa inicial de 397g, após 12 horas de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 50,4%, massa final de 173g e massa úmida de 13,1%. Após um total de 8h de exposição à **berinjela** apresentou uma perda mássica total de 92,4% e 1,4% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 383g e 29g. O ensaio para a **beterraba** foi realizado em um tempo de 10h em uma amostra de 256g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 44,9%, um percentual de massa úmida de 0,9% com uma massa final de 115g. A amostra de **coco** ensaiada apresentava uma massa inicial de 1000g, após 5h de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 30%, massa final de 700g e massa úmida de 13%. Após um total de 12h de exposição, a **goiaba** apresentou uma perda mássica total de 20,5% e 5,6% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 408g e 84g. O desempenho do secador solar desenvolvido por [14] para a secagem dos alimentos banana, batata doce, berinjela, beterraba coco e goiaba foi de, respectivamente, 76,6%, 81,2%, 98,5%, 98,9%, 69,8%, 93,4%.

2.2.6. OLIVEIRA, 2021: Utilização de um secador solar de baixo custo para desidratação de pescado, macaxeira, batata doce e batata inglesa

[15] desenvolveu em sua pesquisa um secador solar de baixo custo, produzido em madeira, com o objetivo de analisar a eficiência do processo de secagem do mesmo. O protótipo desenvolvido foi montado nas dependências do Laboratório de Máquinas Hidráulicas e Energia Solar (LMHES) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Os ensaios ocorreram durante o mês de agosto de 2021 com médias de temperatura e radiação de, respectivamente, 31°C e 1059 W/m².

Foram feitos testes de secagem de exposição direta em convecção natural para os alimentos: pescado, batata doce, batata inglesa e macaxeira. O ensaio para o **pescado** foi realizado em um tempo de 6h30min em uma amostra de 1481g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 56,6%, um percentual de massa úmida de 26,05% com uma massa final de 642g. A amostra de **batata doce** ensaiada apresentava uma massa inicial de 311g, após 4h30min de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 65,36%, massa final de 107,7g e massa úmida de 5,92%. Após um total de 4h30min de exposição a **batata inglesa** apresentou uma perda mássica total de 81,19% e 2,06% de massa úmida, as massas inicial e final respectivamente 462g e 86,9g. O ensaio para a **macaxeira** foi realizado em um tempo de 4h30min em uma amostra de 444g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 59,75%, um percentual de massa úmida de 3,32% com uma massa final de 178,7g. O desempenho do secador solar desenvolvido por [15] para a secagem dos alimentos pescado, batata doce, batata inglesa e macaxeira foi de, respectivamente, 73,95%, 94,08%, 97,94%, 96,68%.

2.2.7. STOHR JÚNIOR, 2023: Fabricação e análise de um secador solar de baixo custo

O estudo desenvolvido por [16] teve como objetivo analisar a viabilidade e a eficiência do secador solar de exposição direta na secagem de batata inglesa e batata doce foi realizado nas dependências do LMHES da UFRN. Para a montagem do secador foram utilizadas duas prateleiras de estante metálica, de 92 cm de comprimento, 44 cm de largura e 3 cm de espessura. As duas placas unidas pela sua largura geraram um secador com 184 centímetros de comprimento e 44 cm de largura, com uma área de secagem de 88cm². Os ensaios ocorreram durante o mês de novembro de 2023 com médias de temperatura e radiação de, respectivamente, 30°C e 1210 W/m².

As fatias foram padronizadas com 8 gramas, tanto para a batata inglesa quanto para a batata doce. O ensaio para a **batata inglesa** foi realizado em um tempo de 5h30min em uma amostra de 659g, onde o alimento apresentou uma perda de massa total de 70,1%, um percentual de massa úmida de 7,39% com uma massa final de 197g. A amostra de **batata doce** ensaiada apresentava uma massa inicial de 634g, após 5h30min de ensaio o alimento apresentou uma perda mássica de 70%, massa final de 190g e massa úmida de 15,17%. O desempenho do secador solar desenvolvido por [16] para a secagem dos alimentos batata inglesa e batata doce foi de, respectivamente, 90% e 79%.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo foi dividido em 5 etapas conforme ilustrado no fluxograma da Figura 2.



Figura 2. Fluxograma metodológico. (Autoria própria)

A fim de cumprir com objetivo do trabalho, serão realizadas alterações referentes a mobilidade e inclinação do plano de trabalho em um sistema de secagem de alimentos utilizando materiais de baixo custo desenvolvido por [6]. Ademais será realizado uma análise de desempenho do secador solar para a desidratação de alimentos consumidos e cultivados pelas comunidades rurais do semiárido potiguar.

Com isso, os subtópicos da presente seção apresentarão os dados relacionados ao local de pesquisa; os procedimentos das modificações realizados no secador solar, seguindo as recomendações de [6] em seu trabalho; a seleção e padronização das amostras dos alimentos a serem ensaiados; os parâmetros e os instrumentos utilizados para a coleta de dados.

3.1. Características da cidade de Mossoró

O estudo foi realizado na cidade de Mossoró, localizado no estado do Rio Grande do Norte, ou seja, na região Nordeste do Brasil. A cidade de Mossoró não apresenta grandes alterações na quantidade de dias de sol ao longo de um ano, isso se deve à sua localização, ou seja, estar situada próxima à linha do Equador. Ademais, a cidade está localizada na mesorregião oeste do Estado (5°11' de latitude Sul e 37°20' de longitude Oeste), e ainda possui uma altitude média de 18 m com relação ao nível do mar e encontra-se a 280 km da capital potiguar [17].

O clima da cidade de Mossoró é seco, por estar localizada na região do semiárido, com altas temperaturas e estação chuvosa durante o verão e outono. Possui uma temperatura média anual de 27,4°C, chegando a atingir 21°C e 36°C, mínima e máxima, respectivamente, tendo o mês de julho sendo o mais frio e dezembro o mês mais quente. Quanto à velocidade média anual dos ventos e a precipitação média anual, essas são, respectivamente, 3,9 m/s e 772,2 mm [17]. Ainda possui uma radiação solar média anual de 5,8 kWh/m²/dia [18].

Durante o primeiro semestre do ano em Mossoró ocorre a estação chuvosa que estende-se sobretudo entre os meses de fevereiro e maio obtendo-se os maiores índices de precipitação, à vista disso as temperaturas tendem a ser mais amenas durante o período chuvoso, variando entre 24°C e 30°C. A pesar das precipitações, a região ainda recebe uma quantidade significativa de radiação solar, porém com menor intensidade quando comparado ao segundo semestre. O segundo semestre é marcado pela estação seca, com pouca ou nenhuma precipitação, e consequentemente pelo aumento das temperaturas, frequentemente ultrapassando os 30°C, com picos que podem chegar a 35° ou mais. A radiação solar também é mais intensa durante o período de seca, contribuindo então para elevadas taxas de evaporação. [19]

Finalizada a etapa de caracterização da cidade, onde foram realizados os ensaios do secador solar, vale evidenciar que a pesquisa foi desenvolvida na área externa do prédio de Laboratório de Energia da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), localizado no Campus Leste da UFERSA Mossoró/RN. A escolha do local da pesquisa levou em consideração o fato da Instituição possuir os equipamentos necessários para coletar os dados e realizar as observações *in loco*.

3.2. Protótipo e estudo desenvolvido por Lucena (2024)

O sistema desenvolvido por [6]⁴ possui 43cmx43cmx15cm (comprimento, largura e profundidade) de dimensão e foi confeccionado em madeira de pinho combinado com outros materiais de baixo custo. A parte superior do protótipo é composta por uma peça de vidro com 4mm de espessura para maximizar a troca de calor entre o meio externo e interno; o seu interior é pintado na cor preto fosco, a fim de aumentar a absorção da energia solar; foi utilizada uma tela de alumínio para acomodação dos alimentos; também foi utilizada uma tela de *nylon* nas entradas e saídas de ar para evitar a entrada indesejada de insetos; e, por fim, utilizou-se um suporte de madeira para apoiar o secador solar durante a realização dos ensaios, que também foi reaproveitada. A Figura 3 ilustra o protótipo desenvolvido por [6].



Figura 3. Protótipo desenvolvido por Lucena (2024). (Adaptado de [6])

Em seu estudo, [6] tinha entre seus objetivos validar a funcionalidade e usabilidade do protótipo em condições reais de uso para a secagem dos alimentos: abacaxi, banana e tomate. O fatiamento dos alimentos foi realizado com o auxílio de um mandolin (utensílio de cozinha de fácil acesso) a fim de se obter uma fatia fina e uniforme. A etapa de experimentação ocorreu no início do primeiro semestre do ano de 2024. Os resultados alcançados, apresentados na Tabela 1, foram obtidos por [6] tanto no início quanto ao final da experimentação dos alimentos mencionados.

Tabela 1. Resultados obtidos por [6]. (Autoria Própria)

Hora	Massa (g)			Temperatura (°C)		Radiação (W/m ²)
	Abacaxi	Banana	Tomate	Interna	Externa	
09:00	100	57	90	30,5	30,1	1051
12:00	23	10	12	39,7	31,4	1508

O tempo de secagem, massa inicial e massa final para os alimentos abacaxi, banana e tomate foi de, respectivamente, 3h00min, 100g e 23g, 3h00min, 57g e 10g, 3h00min, 90g e 12g. O teor de umidade final para os alimentos desidratados no Ensaio realizado por [6] foi de, 10,8%, 0% e 8,9% para o abacaxi, banana e tomate, por esta sequência. O desempenho do secador solar em estudo para a desidratação do abacaxi, banana e tomate foi de, respectivamente, 89,2%, 114,7% e 91,1%. A banana apresentou perda de massa úmida total.

3.2.1. Modificações no protótipo original

Uma das modificações realizadas no protótipo original foi referente à mobilidade do mesmo. Assim como sugerido por [6] nas recomendações para futuros trabalhos, foram adicionadas duas alças de couro, com o intuito de melhorar a portabilidade do secador solar que teve um custo de R\$12,00⁵. O couro foi selecionado visto que é um material com alta durabilidade e comumente encontrado na região do semiárido potiguar. Outra modificação realizada refere-se à inclinação do plano de trabalho do secador, que originalmente era plano (0°), e após o ajuste ficou com uma inclinação de 10°. Tal inclinação permite uma maior absorção de energia solar no Rio Grande do Norte e foi realizada colocando-se uma peça de madeira com 7cm de altura na base do protótipo. As modificações estão ilustradas na Figura 4.

⁴ O secador solar desenvolvido por Lucena (2024) teve um custo total de R\$14,30, referente a compra da tela de alumínio, visto que os demais materiais foram reutilizados.

⁵ Totalizando um custo de R\$ 26,30 para a confecção do secador solar em estudo (valor gasto na confecção do protótipo original juntamente com a aquisição das alças).

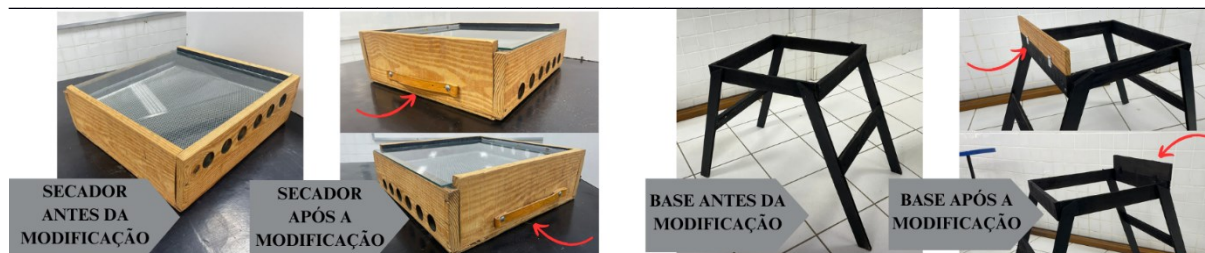


Figura 4. Modificações realizadas no protótipo original. (Autoria própria)

Finalizadas as modificações, segue-se com a escolha e padronização dos alimentos para o processo de secagem.

3.3. Escolha e padronização dos alimentos

Finalizadas as modificações, segue-se com a escolha e padronização dos alimentos para o processo de secagem.

3.3.1. Alimentos consumidos e cultivados pelas comunidades rurais do RN

Para a realização da primeira etapa de experimentação do protótipo foram selecionados oito alimentos de fácil acesso e comumente produzidos e consumidos pela população residente em comunidades rurais, segundo a literatura consultada e consulta com os próprios residentes de ambientes rurais, a saber: batata doce, alho, pimentão, milho, feijão e macaxeira. Tais alimentos possuem considerável valor comercial⁶ quando desidratados e comercializados em forma de *ships*.

Antes de realizar o fatiamento, os alimentos foram higienizados com uma solução de vinagre e água. Os alimentos batata doce, alho, pimentão e macaxeira foram fatiados com o auxílio de um mandolin (utensílio de cozinha de fácil acesso), a fim de se obter uma fatia com espessura fina e uniforme. Para o milho, foi utilizada uma faca comum para retirar os grãos da espiga (debulhar) visando facilitar o processo de secagem. Para o feijão, foram utilizados grãos frescos. Sequencialmente, padronizou-se amostras de 100g para cada alimento descrito, com o auxílio de uma balança digital de precisão. O teor de umidade contida em 100g de batata doce, alho, pimentão, milho, feijão e macaxeira é de, respectivamente, 69,5%, 67,5%, 93,5%, 63,5%, 87,5% e 61,8% [21].

3.3.2 Alimentos ensaiados por Lucena (2024)

Na segunda etapa, com o objetivo de avaliar o desempenho do secador solar em função da angulação da superfície de exposição, conforme mencionado na seção 3.2.1, procedeu-se à realização de um ensaio utilizando os alimentos desidratados e descritos por [6] em sua pesquisa, a saber, abacaxi, banana e tomate. As massa inicial e teor de umidade presente nas amostras de abacaxi, banana e tomate é de, 100g e 86,3%, 57g e 71,9% e 90g e 95,1% [21]. É pertinente enfatizar que o experimento conduzido por [6] foi efetuado durante o primeiro semestre de 2024, período que, de acordo com literatura especializada⁷, corresponde à fase de maior incidência pluviométrica na região do semiárido Potiguar.

3.4 Desempenho no processo de secagem

O desempenho do processo de secagem pode ser avaliado através das massas do produto a ser seco. A Equação 1 apresenta os parâmetros necessários para essa determinação. A massa de água é calculada a partir do percentual de umidade de cada produto *in natura*.

$$\varepsilon = \left(\frac{m_i - m_f}{m_{\text{água}}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde: $m_{\text{água}} = m_i \times U$

ε – desempenho do processo de secagem em porcentagem;

m_i – é a massa inicial do alimento (g);

m_f – a massa final do alimento (g);

⁶ Foi verificado no comércio local que 100g de macaxeira desidratada custa em média R\$8,89.

⁷ Esperava-se para o mês de janeiro um volume de chuvas de 67,2mm, entretanto houve um acúmulo de 41,7mm o que representa um desvio de -37,9%. Para o mesmo mês foram registrados 10 dias com chuvas. Referente ao mês de fevereiro, era esperado um volume de chuvas de 93,8mm, entretanto houve um acúmulo de 307mm o que representa um desvio de 227,2%. Para o mesmo mês foram registrados 18 dias chuvosos. [20]

$m_{\text{água}}$ – é a massa de água inicial contida na amostra;
 U – teor de umidade da amostra (%).

Para que fosse possível identificar o horário mais eficiente para a secagem dos alimentos, foram realizadas medições da temperatura interna e externa do secador; da radiação solar e da massa das amostras de cada alimento ensaiado a cada uma hora. Os dados coletados e análises realizadas são detalhados nos subtópicos da seção 4. Para a realização das medições de temperatura e radiação solar global foram utilizados um termômetro digital, do fabricante KLX, modelo HTC-2, e um piranômetro, do fabricante INSTRUTHERM, modelo MES-100, respectivamente. Também foi utilizada uma balança digital de precisão para realizar as medições da massa das amostras.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O processo de tratamento dos alimentos para o ensaio foi realizado conforme descrito na subseção 3.3.1. Nos Ensaios 1 e 2 foi realizado a secagem dos alimentos consumidos e cultivados pela população residente em comunidades rurais do semiárido potiguar. Posteriormente, o Ensaio 3 teve como objetivo analisar o desempenho do secador solar, inicialmente desenvolvido por [6], diante da alteração implementada na angulação da superfície de exposição ao sol citadas no tópico 3.2.1. Em todos os ensaios objetivou-se obter um alimento seco que, conforme [9], deve conter teor de umidade menor que 25% ao final do ensaio.

4.1 Ensaio 1 (batata doce, alho e pimentão)

No primeiro ensaio foi realizada a secagem dos alimentos: batata doce, alho e pimentão. Como é sabido, o secador solar em estudo é de pequeno porte e não comporta uma grande quantidade de alimentos. Logo, o pimentão foi ensaiado após a retirada da batata doce do secador. O ensaio teve duração total de 04h00min e foi realizado no dia 08 de julho de 2024 das 09h00min às 13h00min em condições climáticas favoráveis, caracterizadas por céu limpo e ventos estáveis. Os dados referentes às medições de massa antes e após a exposição solar, temperatura e radiação solar estão detalhados na Tabela 2. Na sequência, o Gráfico 1 mostra o comportamento da massa dos alimentos e as temperaturas interna e externa, durante o processo de secagem do Ensaio 1. Por fim, a Figura 5 ilustra o processo de secagem dos alimentos.

Tabela 2. Dados do primeiro ensaio. (Autoria Própria)

Data	Hora	Massa (g)			Temperatura (°C)		Radiação (W/m²)
		Batata doce	Alho	Pimentão	Interna	Externa	
08/07/2024	09:00	100	100	***	32,5	30,1	1237
08/07/2024	10:00	63	88	***	40,2	35,4	1290
08/07/2024	10:30*	33	75	***	39,2	35,6	1321
08/07/2024	11:00	**	53	100	35,5	32,5	1354
08/07/2024	12:00	**	41	34	39,8	36,1	1349
08/07/2024	13:00	**	**	7	38,1	32,5	1327

*Nota: *Foi verificado que a batata doce já havia atingido o percentual de massa úmida ideal. **Não houve medição, pois já havia atingido o resultado esperado. ***Medição não iniciada.*

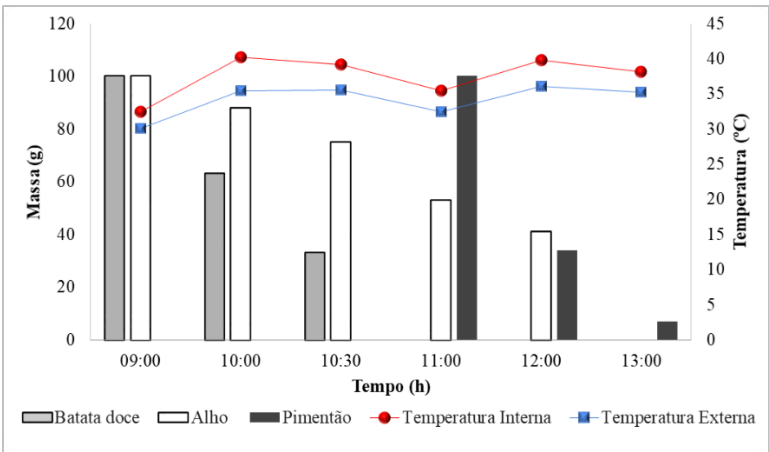


Gráfico 1. Comportamento das massas e temperaturas, interna e externa, durante o ensaio 1. (Autoria própria)

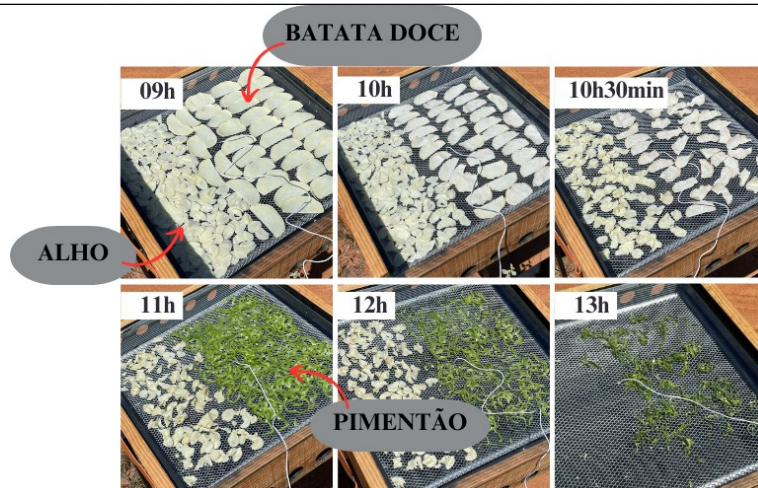


Figura 5. Ensaio 1 - Processo de secagem dos alimentos. (Autoria própria)

Conforme indicado pelo Gráfico 1, identifica-se que os períodos das 10h00min e das 12h00min representaram os picos de maior eficiência na secagem dos alimentos no decorrer do Ensaio 1. Tal eficácia é atribuída às temperaturas observadas nesses momentos específicos.

Como mencionado anteriormente, o alimento seco deve conter no máximo 25% do teor de umidade original. As massas iniciais para os alimentos ensaiados foram padronizadas em 100g conforme descrito na seção 3.3.1. O tempo de secagem e massa final para os alimentos batata doce, alho e pimentão foi de, respectivamente, 1h30min e 33g, 3h00min e 41g, 2h00min e 7g. O teor de umidade final em cada alimento foi, por esta sequência, 3,6%, 12,6% e 0,5% para a batata doce, alho e pimentão. O desempenho do secador solar em estudo para a desidratação da batata doce, alho e pimentão foi de, respectivamente, 96,4%, 87,4% e 99,5%.

Os resultados obtidos a partir do Ensaio 1 foram satisfatórios, visto que os alimentos ensaiados alcançaram um teor de umidade final menor que 25% conforme [9]. A Figura 6 mostra o comparativo entre as massas dos alimentos antes e após a secagem.

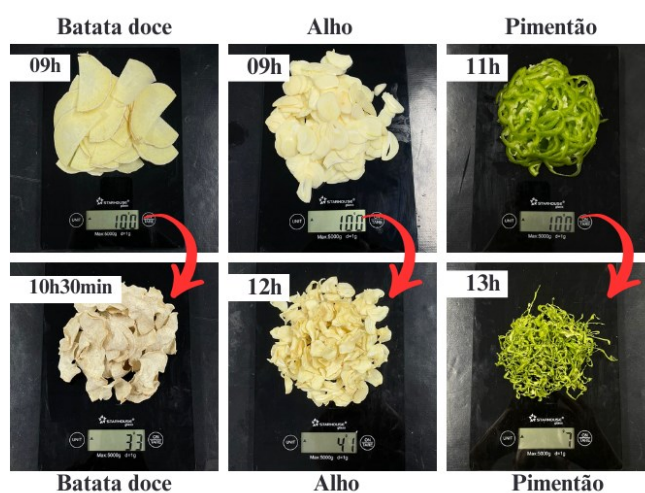


Figura 6. Massa dos alimentos antes e após o processo de secagem. (Autoria própria)

4.2. Ensaio 2 (milho, feijão e macaxeira)

No segundo ensaio foi realizada a secagem dos alimentos: milho, feijão e macaxeira. O ensaio teve duração total de 07h00min e foi realizado uma semana após a realização do ensaio 1, no caso, no dia 15 de julho de 2024, das 08h00min às 15h00min, em condições climáticas favoráveis, caracterizadas por céu limpo e ventos estáveis. Os dados referentes às medições de massa antes e após a exposição solar, temperatura e radiação solar estão detalhados na Tabela 3. Na sequência, o Gráfico 2 mostra o comportamento da massa dos alimentos e as temperaturas, interna e externa, durante o processo de secagem do Ensaio 2, seguido da Figura 7 que mostra os alimentos em processo de secagem.

Tabela 3. Dados do segundo ensaio. (Autoria Própria)

Data	Hora	Massa (g)			Temperatura (°C)		Radiação (W/m²)
		Milho	Feijão	Macaxeira	Interna	Externa	
15/07/2024	08:00	100	100	100	35	35,1	1319
15/07/2024	09:00	94	83	60	31,2	30,4	1345
15/07/2024	10:00	86	71	34	37,2	33,6	1555
15/07/2024	11:00	77	63	**	44,9	43,9	1525
15/07/2024	12:00	68	52	**	45,7	44,8	1468
15/07/2024	13:00	54	44	**	44,2	41,2	1463
15/07/2024	14:00	42	36	**	42,4	39,8	1259
15/07/2024	15:00	36	29	**	40,2	36,3	1248

Nota: **Não houve medição, pois já havia atingido o resultado esperado.

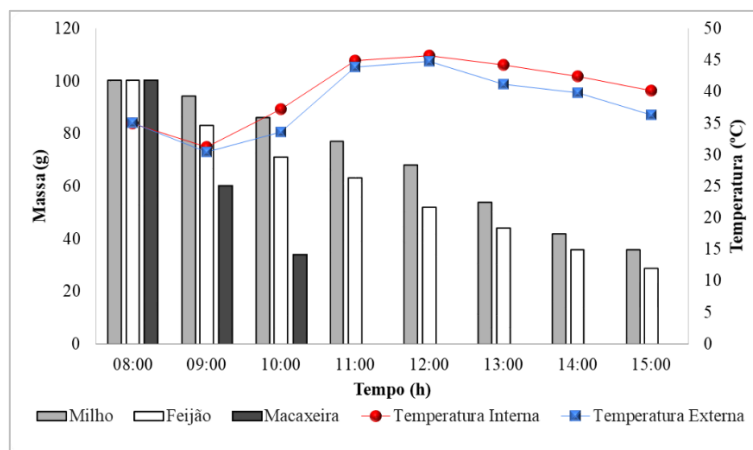


Gráfico 2. Comportamento das massas e temperaturas, interna e externa, durante o Ensaio 2. (Autoria própria)

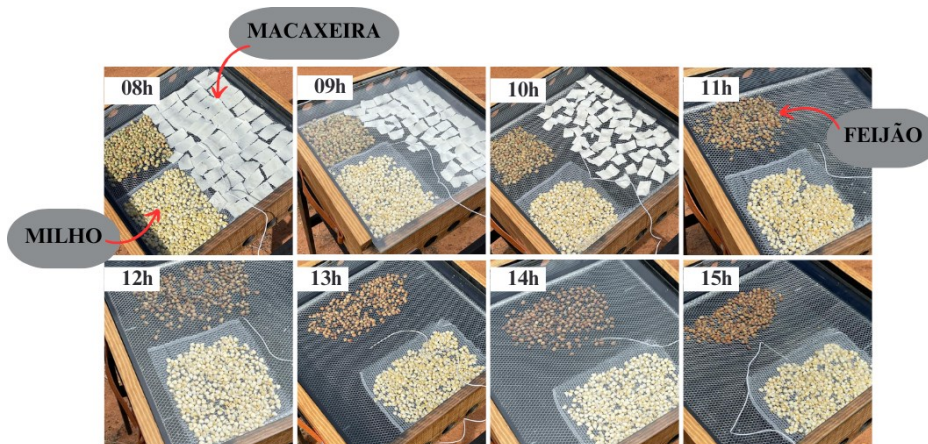


Figura 7. Ensaio 2 - Processo de secagem dos alimentos. (Autoria própria)

Conforme indicado pelo Gráfico 2, identifica-se que o período das 11h00min às 13h00min representaram o intervalo de maior eficiência na secagem dos alimentos no decorrer do Ensaio 2. Tal eficácia é atribuída às temperaturas observadas nesses momentos específicos.

Como mencionado anteriormente, o alimento seco deve conter no máximo 25% do teor de umidade original. As massas iniciais para os alimentos ensaiados foram padronizadas em 100g conforme descrito na seção 3.3.1. O tempo de secagem e massa final para os alimentos milho, feijão e macaxeira foi de, respectivamente, 7h00min e 36g, 7h00min e 29g, 2h00min e 34g. O teor de umidade final em cada alimento foi, por esta sequência, 0%, 18,9% e 0% para o milho, feijão e macaxeira. O desempenho do secador solar em estudo para a desidratação do milho, feijão e macaxeira foi de, respectivamente, 100,79%, 81,14% e 106,8%. O milho e a macaxeira apresentaram perda de massa úmida total.

Os resultados obtidos a partir do Ensaio 2 foram satisfatórios, visto que os alimentos ensaiados alcançaram um teor de umidade final menor que 25% conforme [9]. A Figura 8 mostra o comparativo entre as massas dos alimentos antes e após a secagem.

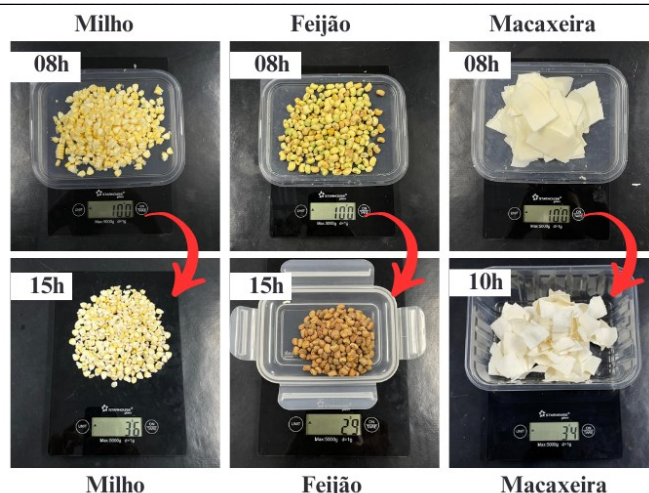


Figura 8. Massa dos alimentos antes e após o processo de secagem. (Autoria própria)

4.3 Ensaio 3 (abacaxi, banana e tomate)

No terceiro ensaio, a fim de verificar o desempenho do secador solar em estudo após a inclinação do plano de trabalho citado no tópico 3.2.1, foi realizada a secagem dos alimentos, a saber, abacaxi, banana e tomate, conforme metodologia descrita por [6].

O ensaio teve duração total de 3h00min e foi realizado no dia 13 de setembro de 2024, das 9h00min às 12h00min, em condições climáticas favoráveis, caracterizadas por céu limpo e ventos estáveis. O processo de fatiamento dos alimentos, que incluiu espécimes de abacaxi, banana e tomate, foi conduzido com o emprego de mesmo equipamento para corte (mandolin) utilizado por [6], assegurando uniformidade metodológica. Os dados referentes às medições de massa durante o período de exposição ao sol, temperatura e radiação solar estão detalhados na Tabela 4. Na sequência, o Gráfico 3 mostra o comportamento da massa dos alimentos e as temperaturas, interna e externa, durante o processo de secagem do Ensaio 3, seguido da Figura 9 que mostra os alimentos em processo de secagem.

Tabela 4. Dados do terceiro ensaio. (Autoria Própria)

Data	Hora	Massa (g)			Temperatura (°C)		Radiação (W/m ²)
		Abacaxi	Banana	Tomate	Interna	Externa	
13/09/2024	09:00	100	57	90	35,5	32,1	1036
13/09/2024	10:00	69	37	49	39	36,5	1534
13/09/2024	11:00	42	27	16	41,9	41,43	1605
13/09/2024	12:00	12	3	3	43,7	38,3	1546

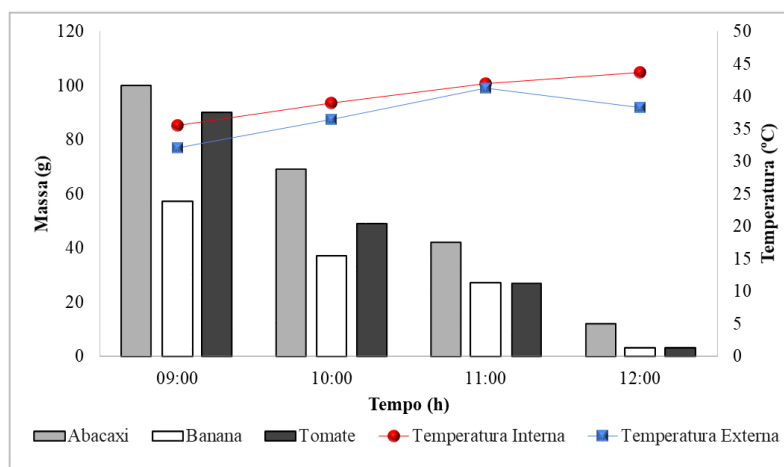


Gráfico 3. Comportamento das massas e temperaturas, interna e externa, durante o ensaio 2. (Autoria própria)



Figura 9. Ensaio 3 - Processo de secagem dos alimentos. (Autoria própria)

Conforme indicado pelo Gráfico 3, identifica-se que o períodos das 11h00min às 12h00min representaram o intervalo de maior eficiência na secagem dos alimentos no decorrer do Ensaio 3. Tal desempenho é atribuído às temperaturas observadas nesses momentos específicos.

Como mencionado anteriormente, o alimento seco deve conter no máximo 25% do teor de umidade original. O tempo de secagem, massa inicial e massa final para os alimentos abacaxi, banana e tomate foi de, respectivamente, 3h00min, 100g e 12g, 3h00min, 57g e 3g, 3h00min, 90g e 3g. O teor de umidade final, para os alimentos desidratados no Ensaio 3, abacaxi, banana e tomate, foi, por esta sequência, 0%, 0% e 0%, significando que obteve-se uma perda de massa úmida total. O desempenho do secador solar em estudo para a desidratação do abacaxi, banana e tomate foi de, respectivamente, 101,97%, 131,18% e 101,95%.

Os resultados obtidos a partir do Ensaio 3 foram satisfatórios, visto que os alimentos ensaiados alcançaram um teor de umidade final menor que 25% conforme [9]. A Figura 9 mostra o comparativo entre as massas dos alimentos antes e após a secagem.

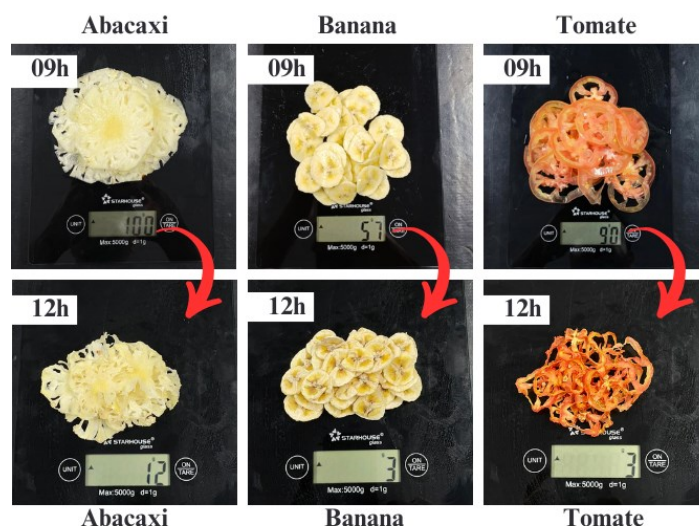


Figura 10. Massa dos alimentos antes e após o processo de secagem. (Autoria própria)

4.3.1 Análise comparativa com o trabalho de Lucena (2024)

Dando continuidade à análise dos resultados, efetuou-se uma avaliação comparativa do desempenho do secador solar proposto por [6], anterior e posteriormente às alterações na inclinação do plano de trabalho, tal como descrito na seção 3.2.1. A Tabela 5 mostra os dados comparativos, destacando o desempenho do processo de secagem deste estudo em comparação com a pesquisa anterior de [6] e o Gráfico 4 mostra o comparativo do desempenho do secador solar anterior e posteriormente a modificação na inclinação do plano de trabalho.

Tabela 5. Desempenho do processo de secagem deste estudo em comparação com a pesquisa anterior de [6].
(Autoria Própria)

Trabalhos	Resultados (Desempenho* do processo de secagem para 3h00min de ensaio)			Dados climáticos**		Observações
	Abacaxi	Banana	Tomate	Temperatura*** (°C)	Radiação*** (W/m ²)	
Lucena (2024)	89,2%	114,7%	91,1%	30,1 – 31,4	1051 - 1508	O trabalho de [6] ocorreu no primeiro semestre do ano onde as temperaturas são mais amenas e a quantidade de dias com chuvas é maior. Contudo, houve pouca variação nos níveis de radiação solar medidos no início e ao final da experimentação.
Presente estudo	101,97%	131,76%	101,65%	32,1 – 38,3	1036 - 1546	

*Nota: *Desempenho do processo de secagem (ϵ). **Referente ao período de experimentação de cada trabalho. ***Medições realizadas (início – fim) do ensaio.*

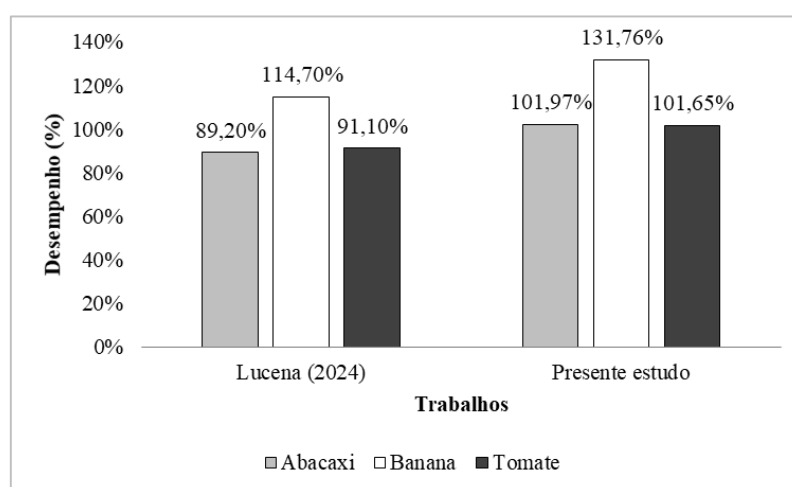


Gráfico 4. Comparativo do desempenho do secador solar anterior e posteriormente a modificação na inclinação do plano de trabalho. (Autoria própria)

A análise realizada demonstrou que após a alteração na inclinação do plano de trabalho o secador solar apresentou melhora no desempenho para a secagem de abacaxi, banana e tomate de, respectivamente, 12,77%, 17,06% e 10,55%. Estes resultados obtidos indicam uma melhoria considerável no desempenho do equipamento em decorrência da alteração na angulação do plano de trabalho de 0° para 10° como descrito na seção 3.2.1.

4.4 Dados da secagem de cada alimento do protótipo deste trabalho

A Tabela 6 mostra um resumo dos resultados obtidos e desempenho do secador para cada alimento ensaiado no mês de julho do ano de 2024.

Tabela 6. Resumo dos resultados obtidos e desempenho do secador solar analisado. (Autoria Própria)

Alimento	U_i (%)	m_i (g)	m_f (g)	$m_{perdida}$ (g)	$m_{úmida i}$ (g)	$m_{úmida f}$ (g)	U_f (%)	ϵ (%)	Tempo de secagem
Abacaxi	86,3	100*	12	88	86,3	0,0	0,0	101,97	3h
Alho	67,5	100	41	59	67,5	8,5	12,6	87,4	3h
Banana	71,9	57*	3	54	41,0	0,0	0,0	131,76	3h
Batata doce	69,5	100	33	67	69,5	2,5	3,6	96,4	1h30min
Feijão	87,5	100	29	71	87,5	16,5	18,9	81,14	7h
Macaxeira	61,8	100	34	66	61,8	0,0	0,0	106,8	2h
Milho	63,5	100	36	64	63,5	0,0	0,0	100,79	7h
Pimentão	93,5	100	7	93	93,5	0,5	0,5	99,5	2h
Tomate	95,1	90*	3	87	85,6	0,0	0,0	101,65	3h

Nota: *Massa padronizada conforme descrito por [6] em seu estudo.

A partir dos dados apresentados na Tabela 6 pode-se observar que o teor de umidade final (U_f) para os alimentos desidratados foi menor que 25%, o que significa que os produtos obtidos no final do processo são considerados secos conforme [9]. Tem-se então que a eficiência dos experimentos foi significativa, principalmente ao considerar que o secador é de fabricação caseira e possui uma pequena área de trabalho que opera em regime de convecção natural, o que significa baixa vazão de ar.

4.5 Comparação com outros trabalhos desenvolvidos

Finalizando as análises, a título de comparação com trabalhos já desenvolvidos e ensaiados no estado do Rio Grande do Norte, mencionados na seção 2.2 deste trabalho, realizados no segundo semestre do respectivo ano de execução⁸, a Tabela 7 apresenta um resumo comparativo, destacando o desempenho superior do processo de secagem do presente estudo em relação aos protótipos supramencionados. O procedimento de corte dos alimentos, incluindo batata doce, pimentão e macaxeira, foi realizado utilizando-se o mesmo equipamento para corte (mandolin) empregado neste estudo, garantindo consistência metodológica.

Tabela 7. Resumo comparativo entre o presente estudo e os trabalhos já desenvolvidos no RN. (Autoria Própria)

Trabalhos desenvolvidos	Resultados (Desempenho* do processo de secagem)		
	Batata doce	Pimentão	Macaxeira
Silva (2013)	-	96,4% em 10h00min	-
Lima (2019)	81,2% em 12h00min	-	-
Oliveira (2021)	94,08% em 4h30min	-	96,68% em 4h30min
Stohr Júnior (2023)	79% em 5h30min	-	-
Presente estudo	96,4% em 1h30min	99,5% em 2h00min	107% em 2h00min

Nota: *Análise feita a partir do desempenho (ϵ).

Em vista dos dados apresentados na Tabela 7 e considerando o contexto climático do segundo semestre no Estado do Rio Grande do Norte, caracterizado por temperaturas elevadas e baixa precipitação, é possível afirmar que o secador solar em questão não apenas superou os protótipos já desenvolvidos no RN, como também se beneficiou das condições ambientais favoráveis a secagem solar.

A uniformidade do corte dos alimentos, assegurada pelo uso do mandolin, contribuiu para a precisão dos ensaios, resultando em um melhor desempenho para o secador solar estudado. Os resultados obtidos reforçam o potencial do secador solar, destacando-se como uma solução viável e eficaz para a secagem e conservação de alimentos cultivados e consumidos pelas comunidades rurais na região do semiárido potiguar, com implicações

⁸ Os dados referentes a temperatura e radiação solar, durante os ensaios dos trabalhos já desenvolvidos, estão descritos nas seções 2.2.3, 2.2.5, 2.2.6, 2.2.7.

significativas para a sustentabilidade e economia local.

Para o processo de desidratação do alho, milho e feijão, o protótipo estudado apresentou um desempenho relevante, pois o teor de umidade final estabeleceu-se abaixo de 25%, que conforme [9], é o mínimo para que o alimento seja considerado um alimento desidratado. O secador em estudo apresentou desempenho no processo de secagem do alho, milho e feijão de, respectivamente, 87,4%, 100,7% e 81,14%. Não foram encontrados, na literatura vigente, trabalhos que tratassem da secagem destes alimentos utilizando secadores solares de baixo custo.

5. CONCLUSÃO

O estudo realizado demonstrou que o secador solar de exposição direta analisado apresenta considerável desempenho na secagem de alimentos (batata doce, alho, pimentão, milho, feijão e macaxeira) consumidos e cultivados por pequenos produtores rurais do semiárido potiguar. Conforme mostrado, o protótipo é confeccionado em madeira e outros materiais de baixo custo, com construção e montagem simplificada e de fácil manuseio.

O aperfeiçoamento da mobilidade do secador permitiu sua fácil adaptação às necessidades locais. A modificação do ângulo de inclinação do secador solar resultou em um aumento na eficiência do equipamento otimizando não só o processo de secagem mas também contribuindo para a sustentabilidade operacional do sistema. Posto isso, a utilização do protótipo pelas comunidades rurais para a desidratação de alimentos é uma proposta significativa para mitigar o desperdício alimentar, além de gerar uma nova fonte de emprego e renda, fortalecendo a economia local.

Os alimentos desidratados no presente estudo possuem significativo valor de mercado o que permite aos pequenos produtores diversificar suas atividades entre a agricultura familiar e a indústria secundária, potencializando assim a geração de renda alternativa. Além de prolongar a vida útil dos alimentos, a desidratação oferece uma solução viável para os desafios do desperdício pós-colheita e logística, tanto no semiárido potiguar quanto globalmente. Os produtos desidratados desempenham um papel vital na nutrição e são insumos para a criação de itens alimentícios inovadores, contribuindo para o combate à subnutrição e abrindo portas para a produção de *snacks* e produtos granulados.

A análise de desempenho reforçou as vantagens do secador, cujas características de simplicidade e baixo custo de fabricação se alinham perfeitamente com os princípios de sustentabilidade e acessibilidade. O processo metodológico de desidratação a partir da exposição direta ao sol e convecção natural, provou ser eficiente, resultando em uma redução de massa úmida dos alimentos, quando comparados com outros trabalhos de mesma natureza. Portanto, o secador solar estudado é uma ferramenta útil para o desenvolvimento sustentável das zonas rurais do semiárido potiguar, com potencial de replicação em outras regiões com desafios semelhantes.

Para trabalhos futuros, sugere-se estudar a usabilidade do secador para a produção de farinhas, como por exemplo, a farinha de mandioca, considerando que é um alimento em abundância na região do semiárido potiguar. Realizar métodos de pré-secagem distintos e analisar a influência dos mesmos na qualidade do produto final. Estudar o desempenho do secador solar do presente artigo na desidratação de proteínas como carnes, peixes e frutos do mar. Por fim, pode-se realizar ainda alterações no protótipo a fim de melhorar a sua portabilidade e desempenho.

REFERÊNCIAS

- [1] BANDEIRA, F. P. M. **O aproveitamento da energia solar no Brasil – situação e perspectivas**. 2012. 14 f. Consulta Legislativa - Câmara dos Deputados, Brasília, DF.
- [2] TIBA, C. et al. **Atlas solarimétrico do Brasil – banco de dados terrestres**. 2000. 111 f. Universitária – UFPE, Recife, PE.
- [3] EMBRAPA. **Embrapa em números**. 2019. 140 f. Brasília, DF.
- [4] OLIVEIRA, E. A.; RIBEIRO, G. T.; SATURNO, T. R. **A produção e mercado frutífero brasileiro: problemas e soluções**. 2018. 12 f. Artigo – FATEC Baixada Santista, Santos, SP.
- [5] ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. M. A.; SOUZA, L. G. M. **Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável**. 2016. 9 f. Artigo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Laboratório de Máquinas Hidráulicas e Energia Solar, Natal, RN.
- [6] LUCENA, M. M. S. **Análise de desempenho de secador solar portátil de baixo custo**. 2024. 8 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN.
- [7] BEZERRA, A.M. **Aplicações Térmicas da Energia Solar**. 2001. Editora Universitária - UFPB, João Pessoa, PB.
- [8] NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2024. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: [Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil](#). Acesso: 31, Junho 2024.
- [9] ANVISA, Resolução - CNNPA nº 12. 1978.
- [10] COSTA, J. B. S. **Obtenção e caracterização de farinha de frutas e vegetais através do uso de um sistema de secagem solar de baixo custo**. 2010. 72 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

- [11] BARBOSA, J. R. P. **Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias**. 2011. 82 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.
- [12] SILVA, T. S. **Estudo de um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno**. 2013. 87 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.
- [13] LIMA, K. S. **Secador solar de baixo custo no semiárido potiguar: análise do desempenho**. 2018. 11 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, RN.
- [14] LIMA, R. A. **Estudo de um secador solar de baixo custo para desidratação de alimentos**. 2019. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.
- [15] OLIVEIRA, A. B. A. A. S. **Utilização de um secador solar de baixo custo para desidratação de pescado, macaxeira, batata doce e batata inglesa**. 2021. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.
- [16] STOHR JUNIOR, E. A. **Fabricação e análise de um secador solar de baixo custo**. 2023. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, natal, RN.
- [17] Leitão, M. M. V. B. R.; Moura, M. S. B.; Saldanha, T. R. F. C.; Espínola Sobrinho, J.; Oliveira, G. M. Balanço de radiação sobre um solo descoberto para quatro períodos do ano. **Revista de Ciência e Tecnologia da UNIMEP**. Santa Bárbara d'Oeste, v. 08, n. 15, 2000.
- [18] CRESESB. **Potencial energético. Potencial Solar - SunData v 3.0**. 2024. Disponível em: <<https://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em: 2 maio. 2024.
- [19] PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>
- [20] MORENO, E. Chuvas em Mossoró ficam 53% acima do esperado em 2024, aponta relatório. **De Fato**. Mossoró, RN.
- [21] TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. 2011. 164 f. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.