

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ALLAN ANDERSON SANTANA

**EFICIÊNCIA NA DESIDRATAÇÃO DE MANGA (*Mangifera indica* L.) COM
UM PROTÓTIPO DE SECADOR SOLAR DESENVOLVIDO NO CECA-UFAL**

RIO LARGO - AL

2021

ALLAN ANDERSON SANTANA

**EFICIÊNCIA NA DESIDRATAÇÃO DE MANGA (*Mangifera indica* L.) COM
UM PROTÓTIPO DE SECADOR SOLAR DESENVOLVIDO NO CECA-UFAL**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à banca examinadora,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo**

**Orientador: Professor Dr. Cícero Luiz Calazans de Lima.
Discente: Allan Anderson Santana**

**RIO LARGO – AL
2021**

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

- S232 Santana, Allan Anderson
Eficiência na desidratação de manga (*Mangifera indica* L.) com um protótipo de secador desenvolvido no CECA – UFAL. / Allan Anderson Santana – 2021.
34 f.; il.
- Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2021.
- Orientação: Prof. Dr. Cícero Luiz Calazans de Lima
- Inclui bibliografia
1. Secador solar. 2. Manga - desidratação. 3. Secagem de alimentos. I. Título.

CDU 634.441

ALLAN ANDERSON SANTANA

EFICIÊNCIA NA DESIDRATAÇÃO DE MANGA (*Mangifera indica* L.) COM
UM PROTÓTIPO DE SECADOR SOLAR DESENVOLVIDO NO CECA-UFAL

BANCA EXAMINADORA

Cícero Luiz Calazans de Lima:

Prof. Dr. Cícero Luiz Calazans de Lima
1º Examinador – CECA-UFAL

Reinaldo de Alencar Paes

Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes
Coordenador de Adoção de CECA – UFAL
Mape 1219272

Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes
2º Examinador – CECA-UFAL

Luís Eugênio Lessa Bulhões

Luís Eugênio Lessa Bulhões
3º Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, onde encontrei forças e ânimo para superar todas as dificuldades e obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos meus pais, por todo esforço e dedicação que me foi dado para a realização desse momento, que sempre me incentivaram e me ajudaram nos momentos difíceis, e que sempre buscaram o meu melhor.

A minha esposa, que ao longo da graduação, namoramos, noivamos e casamos, e agradeço a Deus pelo lindo filho que temos.

Aos meus amigos que fiz durante esse tempo, onde juntos vivenciamos ótimos momentos de aprendizados, que vou guardar comigo.

Ao meu orientador, que sempre me ajudou, e que sempre prestou total apoio e atenção, que criamos um laço de amizade que irá se perpetuar por longos anos.

RESUMO

Como a maior parte das técnicas para desidratação para conservação de alimentos de alta perecibilidade como a manga mostram-se dispendiosos ou apresentam baixa qualidade de produto final, buscou-se no presente experimento mensurar a eficiência térmica de um protótipo de secador solar, desenvolvido no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UFAL, em comparação com outros dois métodos tradicionais de secagem de alimentos, na desidratação de manga no município de Rio Largo, Alagoas. Este estudo foi conduzido entre os meses de fevereiro e março de 2019, durante a estação seca do estado de Alagoas, período esse que favorece a desidratação de alimentos por razão do tempo ensolarado, ausência de nuvens de chuva e elevada temperatura, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado, com três tratamentos e sete repetições. O experimento foi conduzido no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, no município de Rio Largo - AL. As polpas frescas de Manga foram desidratadas em três diferentes métodos de secagem, que foram Secagem ao ar convencional, Estufa de ventilação forçada e o protótipo secador solar, durante quatro dias, com verificação do peso das amostras de polpa após o fim do dia, além disso, foram realizadas análises físico-químicas nas polpas para comprovar quaisquer possíveis alterações causadas pelo secador solar. Em conclusão, a velocidade de desidratação das polpas de Manga através do Secador Solar mostrou-se tão eficiente, quanto os outros métodos, considerando que nos dois últimos dias não houve diferença significativa entre os tratamentos, o Secador trás outros benefícios em relação à qualidade do produto final, ou redução de custos de operação em comparação aos outros dois artifícios concorrentes, também que não foram constatadas alterações significativas nos padrões físico-químicos das polpas desidratadas com o protótipo em comparação aos outros métodos experimentados.

Palavras-Chave: Secador Solar, Desidratação, Manga

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição relativa das fontes de energia no Brasil.....	11
Figura 2. Média anual de radiação solar incidente no Brasil	12
Figura 3. Parte superior finalizada. Rio Laro – UFAL, 2019	19
Figura 4. Parte superior finalizada. Rio Largo - AL.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Evolução da área colhida de manga no Brasil, por região em hectares, no período 2015 - 2019	13
Tabela 2. Dados meteorológicos referentes ao ambiente e temperatura no interior do protótipo solar para desidratação de Manga, parâmetros observados em 28/02/2019 ..	23
Tabela 3. Dados meteorológicos referentes ao ambiente e temperatura no interior do protótipo solar para desidratação de Manga, parâmetros observados em 01/03/2019 ..	24
Tabela 4. Dados meteorológicos referentes ao ambiente e temperatura no interior do protótipo solar para desidratação de Manga, parâmetros observados em 02/03/2019...	24
Tabela 5. Valores médios de perda de massa de amostras de manga.....	26
Tabela 6. Valores médios de acidez titulável (AT), °Brix (SS) e potencial Hidrogeniônico. Rio Largo – UFAL, 2019.	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Energia solar no Nordeste e seus atuais usos	11
2.2 Panorama nacional do cultivo da manga.....	12
2.3 Pós-colheita da manga.....	14
2.4 Desidratação como técnica de conservação de alimentos	15
2.5 Mercado de produtos desidratados	16
3 METODOLOGIA.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Apesar da intensificação na quantidade de alimentos produzidos pelo mundo e, ano após ano, serem anunciados em diversos portais, recordes recorrentes nas colheitas de commodities agrícolas, em contra partida torna-se proporcional também a quantidade de alimentos desperdiçados e perdidos. As estimativas de perdas após a colheita, nos países em desenvolvimento, apresentam enorme variação, podendo chegar até 50% ou mais. (GUSTAVSSON et al., 2011).

De acordo com os dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO), 54% das perdas ocorrem na fase inicial da produção – na manipulação após a colheita e no armazenamento e 46% nas etapas de processamento, distribuição e consumo.

No panorama mundial, aproximadamente um terço de toda a produção de alimentos converte-se em resíduo alimentar, destes quais, 35% são peixes e frutos do mar, 30% são cereais, 20% são produtos lácteos, 20% são carne e 45% são referentes a frutas e legumes (CEDES, 2018). No Brasil, as pesquisas realizadas pela Embrapa Agroindústria de Alimentos indicaram que as perdas, no segmento de frutas e hortaliças, atingem em média 30% e 35%, respectivamente.

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das frutas tropicais mais apreciadas no mundo devido ao seu sabor e aroma agradáveis, além da coloração atraente e alto valor nutritivo (SILVA et al., 2012). No Brasil as cultivares mais recorrentes nos pomares são 'Tommy Atkins', 'Palmer', 'Kent' e 'Keitt', sendo a 'Tommy Atkins' responsável por cerca de 50% do total do volume comercializado no ano de 2014 (AGRIANUAL, 2016). O cultivo e comercialização da manga é uma das principais atividades do agronegócio frutícola brasileiro, com crescimento constante nos últimos anos (REETZ et al., 2015).

Em particular na região nordeste possui singular importância, pois é onde estão os mais tecnificados sistemas de cultivo dessa fruta, principalmente no Vale do Submédio São Francisco (SILVA et al., 2011) e também porque a região é a que possui o maior consumo per capita da fruta (IBGE, 2011). Apesar de a cultura da manga ser atualmente um grande produto de exportação do vale do São Francisco, depois de introduzida por volta do ano de 1700. No início da sua instalação no Brasil, a manga era cultivada em moldes extensivos, em áreas esparsas, nos quintais e em pequenas propriedades, característica essa observada até os dias atuais. Desta forma, faz da manga uma das culturas exploradas pela agricultura familiar.

A manga é classificada como uma fruta de alta perecibilidade (SINGH et al, 2013). Essa característica, aliada ao manejo impróprio do produto durante a sua produção, reduz-se a quantidade e a qualidade mercadológica da manga destinada a atender à demanda dos consumidores (BEZERRA et al, 2010).

Para se atenuar essa condição, algumas soluções já são adotadas em larga escala pela indústria como a produção de produtos agroindustriais como geleias, bebidas, doces e compotas, (LIMA et al., 2018) além do processo de desidratação, que é um método simples de retirada de água do alimento, diminuindo seu peso para transporte e aumentando sua vida útil.

O objetivo dessa técnica é reduzir a atividade de água de um alimento a um patamar em que a atividade de microrganismos, transformações enzimáticas e oxidação não causem dano, além de preservar características das frutas como cor, aroma e sabor (CELESTINO, 2010), sendo que a secagem, utilizando uma fonte de energia térmica para retirada parcial ou total da água presente no alimento em condições apropriadas de temperatura, umidade e velocidade do ar mostra-se uma opção simples, barata e eficiente, utilizando o sol como fonte primária de energia.

Entretanto, muitas das técnicas praticadas por produtores de pequeno porte, mostram-se de baixa eficiência e qualidade inferior de material tratado (CORNEJO, 2015), esses métodos podem adicionar qualidade e diminuir o tempo de processo com medidas simples (NETO, 2008).

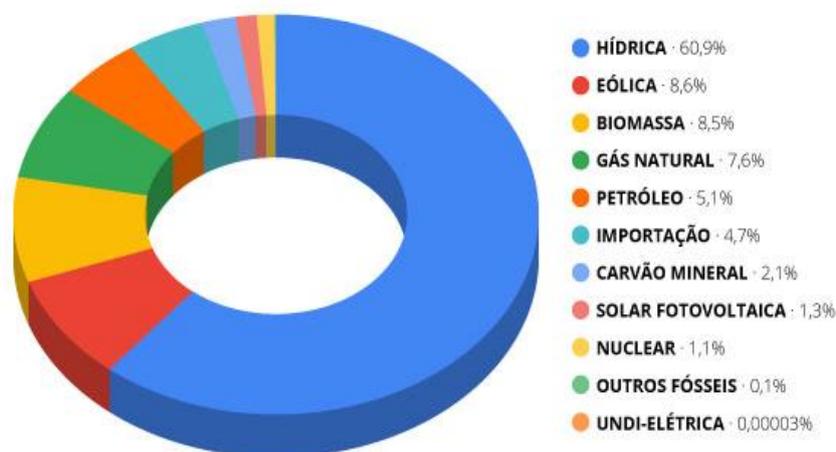
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energia solar no Nordeste e seus atuais usos

Na instalação de um projeto a base de energia solar é preciso que se saiba do potencial solar na região de instalação dos coletores solares para se estimar sua eficiência. Ou seja, a medição da máxima radiação solar incidente sobre uma determinada área no solo, para uma determinada data ou período do ano em um local, para isso a atmosfera deve estar isenta da interferência de sombreamento por nuvens durante todo o dia (TABORDA, 2017).

O Brasil (BANDEIRA, 2012) é um país que possui grande potencial para o aproveitamento de energia solar durante todo o ano, por ser um país localizado na sua maior parte em região intertropical.

Figura 1 - Distribuição relativa das fontes de energia no Brasil.



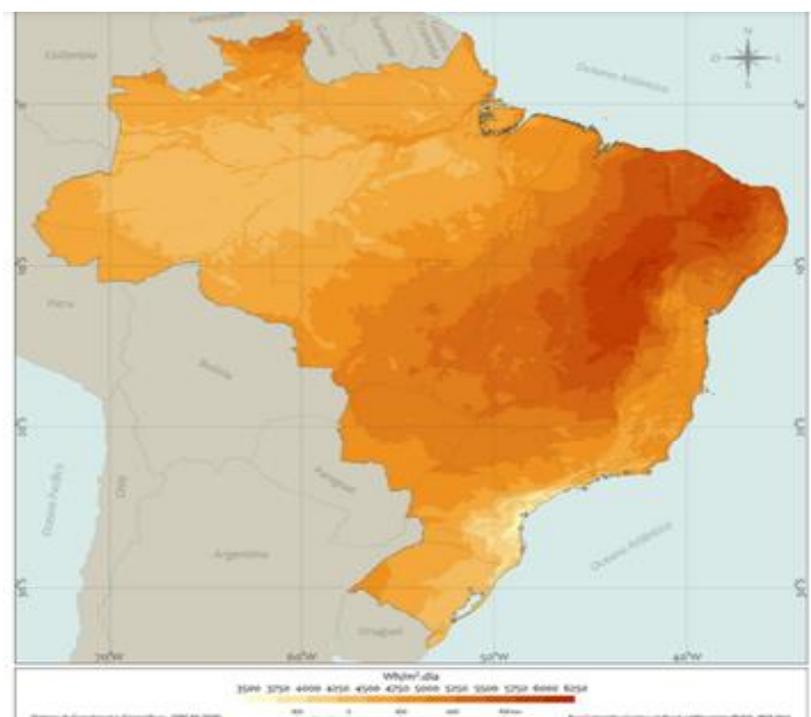
Fonte: Aneel (2019).

O atlas solar brasileiro, publicado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE disponibiliza os valores médios das estimativas do total diário de irradiação solar do Brasil, na sua segunda edição lançada, para o período de 2006 a 2017. De acordo com esse estudo, os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro varia entre 3500-6250 kWh/m². dia. Onde projetos para

aproveitamento de recursos solares, alguns contando com fortes incentivos governamentais, são amplamente disseminados (PEREIRA et al., 2017).

Dentre as melhores áreas do Brasil, o semiárido nordestino se destaca como uma das que apresentam os melhores parâmetros técnicos de insolação. De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o valor máximo de irradiação global do Brasil, próximo à fronteira da Bahia com o Piauí. Essa área apresenta um clima semiárido com baixa precipitação ao longo do ano (aproximadamente 300 mm/ano) e a média anual de cobertura de nuvens mais baixa do Brasil (PEREIRA et al. 2017). Este fato por si faz do semiárido nordestino um candidato natural a receber investimentos em projetos que usam fonte solar.

Figura 2 – Média anual de radiação solar incidente no Brasil



Fonte: Pereira *et al* 2017 Nota: Cores mais claras indicam maior radiação solar.

2.2 Panorama nacional do cultivo da manga

Originária do Sudoeste Asiático, a mangueira disseminou-se para várias regiões do mundo. A manga destaca-se como uma fruta de alto valor comercial em muitas regiões, principalmente nas tropicais e é a quarta fruta dos trópicos a alcançar o mercado internacional, depois da banana, do abacaxi e do abacate (Correia et al., 2016).

Na região semiárida nordestina onde foram instalados a maior parte dos empreendimentos bem sucedidos do Brasil, com plantios comerciais de variedades demandadas pelo mercado externo. Em todas essas áreas, o cultivo da manga chamada "tipo exportação" entrou em fase de franca expansão, tendo como base as cultivares Tommy Atkins, Haden, Palmer, Keitt, Van Dyke, Kent, entre outras (CODEVASF, 1999). A manga é considerada uma importante fruta tropical por seu excelente sabor, aroma e coloração característicos, mas que, devido a sua sazonalidade, torna necessária sua industrialização, visando um melhor aproveitamento e diminuição das perdas de produção (FAO, 2017). É uma fruta que tem grande aceitação no mercado, além de ser rica em vitamina C, apresentando valores que variam de, 66,5 mg. (100g)⁻¹, na fruta “verde”, a 43,0 mg. (100g)⁻¹ na fruta madura (Ibarra Garza et al, 2015).

No Nordeste, a manga é cultivada em todos os estados, em particular nas áreas irrigadas da região semiárida, que apresentam excelentes condições para o desenvolvimento da cultura e obtenção de elevada produtividade e qualidade de frutos. As principais áreas produtoras de manga estão localizadas nos estados de Pernambuco, Bahia e São Paulo, e de onde partem quase 100% das exportações de manga do País (IBGE, 2019).

Tabela 1 - Evolução da área colhida de manga no Brasil, por região, em hectares, no período 2015 - 2019.

	2015	2016	2017	2018	2019
Norte	316	101	497	127	130
Nordeste	45.195	46.788	47.509	47.502	49.235
Sudeste	17.896	16.512	15.311	17.358	17.197
Sul	626	589	542	540	535
Centro-Oeste	230	188	166	179	231
Brasil	64.263	64.238	64.025	65.706	67.328

Fonte: IBGE – Produção Agrícola 2019

No ano de 2019, segundo os dados do IBGE o Brasil produziu no total, 1.414.338 toneladas da fruta em aproximadamente 67.328 hectares de área colhida, tendo um rendimento médio nacional de 21,01 toneladas da fruta produzida por hectare plantado. Enquanto isso, no estado de Alagoas foi registrado uma produção de 11495 toneladas o que se configura na 9ª maior produção entre os 27 estados brasileiros, a área colhida ficou em 1.309 hectares, sua produtividade foi de 8,78 toneladas por hectare, ficando abaixo da média nacional. Esse valor reflete uma série de problemas como baixo nível de

organização dos produtores, adoção de relativamente baixa de tecnologia, pouco acesso de agricultores a informações da cadeia produtiva e perdas no pós-colheita.

2.3 Pós-colheita da manga

Frutas e hortaliças são altamente perecíveis devido ao alto teor de água em sua composição química, conseqüentemente, apresentam uma vida pós-colheita limitada. Para que o tempo de conservação seja maximizado e ocorra redução das perdas pós-colheita mantendo-as conservadas para um tempo maior de consumo, é importante que se conheça e utilize as práticas adequadas de manuseio durante as fases de colheita, pós-colheita, armazenamento, transporte, distribuição, comercialização e consumo (Freitas et al., 2013b) visto que em qualquer uma dessas etapas pode ocorrer contaminação microbiológica.

O transporte é, possivelmente, a principal causa dos danos mecânicos, cuja intensidade varia com a distância a ser percorrida e o tipo de produto transportado, entre outros fatores. No Brasil, com grande extensão territorial, transportar frutas e hortaliças que são altamente perecíveis, em estradas ruins e caminhões sem refrigeração, provoca elevação das perdas nessa parte da cadeia produtiva. O que se verifica ainda é que são poucos os hortifrutícolas que são transportados sob refrigeração. A maioria dos produtores não possui condições financeiras para transportar seus produtos em caminhões próprios e com refrigeração. As embalagens são, em geral, utilizadas acima da sua capacidade, devido à prática costumeira de cobrança da carga em função do peso total ou pelo número total de volumes transportados. (JUNIOR; SOARES, 2014).

As mangas são frutas altamente perecíveis e possuem reduzida vida pós-colheita. Em temperatura ambiente, seu amadurecimento ocorre rapidamente, mantendo sua qualidade por apenas oito dias. Porém, apresentam grandes possibilidades de crescimento de seu mercado exportador, sendo necessário o estudo de técnicas pós-colheita que permitam prolongar a vida útil sem prejuízo à sua qualidade, garantido que ao chegar ao mercado de destino os frutos se encontrem em condições adequadas de consumo (FACHINELLO et al., 2011).

No armazenamento sob atmosfera modificada (AM), a atmosfera do ambiente é alterada pelo uso de filmes plásticos ou recobrimentos comestíveis, permitindo que a concentração de CO_2 aumente e a de O_2 diminua decorrente da respiração do fruto. Neste sistema, as concentrações dos gases não são controladas, variando com o tempo,

temperatura, permeabilidade do filme e atividade respiratória do produto. O filme plástico deve apresentar permeabilidade seletiva adequada à entrada de O² e saída de CO², de modo que o produto não entre em anaerobiose ou processo de fermentação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.4 Desidratação como técnica de conservação de alimentos

Maason e Challet, em 1795, criaram o primeiro método artificial de desidratação usando água quente. À medida que os anos transcorreram, surgiram vários tipos de aparelhos de secagem os quais apresentam os mais variados processos de remoção da água dos alimentos (SENAI-PR, 2000).

A desidratação é o processo combinado de transferência de calor e massa no qual se reduz a disponibilidade de água de um alimento, aumentando o tempo de vida útil do mesmo, combatendo invalidade precoce e seu desperdício. As principais razões para a desidratação das frutas são: redução da sazonalidade, aumento do valor de mercado do produto, redução de sua deterioração, melhoria do transporte e armazenamento (BARBOSA, 2011).

Quando um alimento é desidratado, ele não perde água a uma velocidade constante ao longo do processo. Com o progresso da secagem, em condições fixas, a taxa de remoção de água diminui. Na prática, em condições normais de operação, o nível zero de umidade dificilmente é alcançado (FIOREZE, 2004).

As frutas e frutos se destacam dentro dos produtos processados porque são de fácil obtenção, conservam as características do produto natural, são menos suscetíveis aos microrganismos e possuem custo de transporte reduzido quando comparadas com as frutas naturais (EMPREGO E RENDA, 2008) e ainda são de fácil exportação, pois alguns produtos deixam de estarem sujeitos à lei de proteção de plantas dos países importadores (WADA, 2009).

Os métodos de secagem podem ser de dois tipos: naturais ou artificiais, a secagem natural (ou dessecação) é expor à radiação solar colocado em piso apropriado capaz de reter calor que leva a que o alimento perca água por evaporação. São também utilizados galpões com ventiladores e aspiradores (NETO, 2008).

As condições meteorológicas necessárias são de temperaturas altas, vento moderado e humidade relativa baixa. Este processo acaba por ser lento e precisa de

grandes áreas e ainda há perdas de produto devido à contaminação por insetos, micro-organismos ou pelas enzimas ativas pela presença de água. (CORNEJO, 2015).

A técnica da secagem natural, por exposição dos produtos ao sol e sem utilização de uma estrutura especial, continua a ser a modalidade mais amplamente praticada na conservação de produtos perecíveis, porque é barata, fácil e cômoda (BIT, 1989; ROZIS, 1995). Em 1968 a FAO estimou que cerca de 255 milhões de toneladas de produtos agrícolas eram secos por ano, com recurso à energia solar (BRENNDORFER et al., 1985).

2.5 Mercado de produtos desidratados

Segundo Almeida (2016), a desidratação de alimentos motiva os investimentos na industrialização de frutas e hortaliças, em função dos benefícios monetários provenientes da oferta de um novo produto no mercado, pois evita a proliferação de microrganismos, impedindo que se estraguem, além de manter suas propriedades nutricionais originais (ALMEIDA; LIMA; SOUZA, 2016).

A produção e consumo de frutas desidratadas no Brasil ainda é bastante reduzido, tendo sua concentração praticamente em sua totalidade nos centros urbanos e, normalmente, direcionados ao público de classes sociais mais altas. (SEBRAE, 2020).

Com o resultado dos avanços tecnológicos na área de conservação de alimentos, o mercado tem disponibilizado uma variedade de produtos desidratados que apresentam grande diversificação e aplicação. Como exemplos, temos: sopas instantâneas com vegetais desidratados; sucos de frutas em pó; maçã; abacaxi; manga; banana e cogumelos desidratados e o tomate seco em conserva (SANTOS, 2005).

No Brasil, os produtos normalmente secos são carnes, vegetais, frutas, ervas e temperos (EVANGELISTA, 1998).

Na abordagem da conservação de alimentos, nota-se que a desidratação continua a promover o desenvolvimento de novas tecnologias, produtos e ingredientes para a indústria de alimentos (SANTOS, 2005). No entanto o consumo de frutas desidratadas também existe em classes sociais mais baixas e independe da idade. Sendo o ponto de diferenciação a frequência de tal consumo. Pois enquanto os membros da sociedade com maior poder aquisitivo o consumo atinge cerca de 75%, o restante da população consome outros 25% e mesmo assim com certa sazonalidade, ou seja, em datas especiais, sendo o período mais comum o final de ano. (SEBRAE, 2020).

Diante desse cenário percebe-se que o mercado de frutas desidratadas tem um expressivo espaço para desenvolvimento, tanto em termos de produção quanto de consumo, principalmente porque a produção de frutas desidratadas no Brasil ainda o é bastante incipiente, sendo que a maioria expressiva dessa produção feita de forma artesanal. (SEBRAE, 2020). Hoje, grande parte dos países desenvolvidos utiliza métodos avançados de secagem e desidratação. Frutas, carnes e vegetais são processados ao sol ou por meio de sistemas artificiais, sendo comercializados no mundo todo.

A produção de alimentos desidratados tornou-se uma indústria multimilionária. Infelizmente a maioria das informações que permitem esses desenvolvimentos não tem sido aproveitada no sentido de viabilizar a desidratação de alimentos em pequena e média escala (CRUZ, 1990, p.22).

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de se contrapor o desempenho de um protótipo de secador solar desenvolvido no CECA -UFAL, foram colocados mais dois tratamentos em paralelo para se verificar a eficácia na desidratação da manga, os tratamentos constituídos como desidratação solar ao ar livre e protótipo foram instalados lado a lado, o primeiro é caracterizado apenas como sendo uma tela de náilon e um suporte plástico, que possui as funções de suporte físico e resguardo à longe do chão onde sofreriam influência direta da radiação solar refletida do asfalto. O tratamento restante aplicado no ensaio foi representado por uma estufa de ventilação forçada, com manutenção de temperatura de aproximadamente 65°C, como modo de fornecer uma comparação igualitária, a estufa foi ligada somente durante o período em que as amostras dos outros dois tratamentos estavam expostas ao deslocamento de ar e radiação solar, sendo desativada quando os outros tratamentos eram recolhidos.

Este projeto foi criado com finalidade de aumentar a eficiência no processo de secagem de materiais vegetais potencializando a incidência solar disponível na superfície terrestre, principalmente, em áreas próximas ao Equador em que a variação de insolação é muito pequena ou inexistente ao longo de todo o ano, isto inclui a zona da mata e agreste alagoano.

O protótipo tem sua estrutura externa confeccionada em aço zincado este material foi escolhido porque possui uma alta condutibilidade térmica a um preço reduzido em relação a outras ligas metálicas, o que permite gerar uma temperatura elevada que por consequência desidrata do material orgânico que haja seu interior.

Figura 3 - Parte Superior Finalizada. Rio Largo - UFAL, 2019.



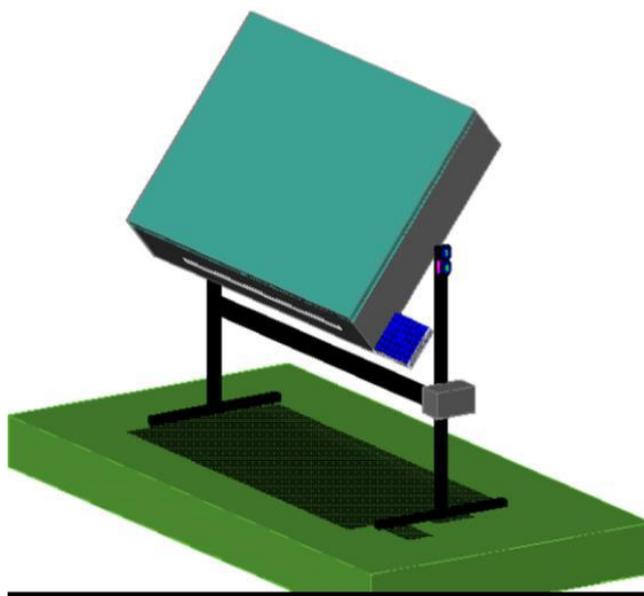
Fonte: Autor, 2019.

Inicialmente, estava previsto para que o secador solar fosse montado acima de uma base móvel, configurada com um pequeno rastreador solar que posicionaria o protótipo em paralelo com o sol, para se maximizar a temperatura atingida ao longo do dia, semelhante ao que ocorre na natureza com o girassol.

O coletor tem uma placa de vidro comum, que serve como tampa para o dispositivo e potencializa o aumento da temperatura no ambiente interno, utilizando o mesmo princípio de uma estufa. Suas dimensões são de 1m x 0,80m x 0,30m, contendo um sistema de exaustão nas duas laterais paralelas de 1m de comprimento, feitos a diferença de 10 centímetros de altura uma da outra.

Com o objetivo de a abertura mais alta conduzir o ar quente e úmido do interior do protótipo para fora, a entrada mais baixa, na parede paralela a mais alta, que é posicionada a favor da direção do vento, servindo preferencialmente para a entrada do ar externo, para que o ar interno seja forçado para fora. Por fim, o secador solar possui uma bandeja interna onde as amostras de manga ficaram expostas para o processo de desidratação.

Figura 4 - Projeção inicial para o protótipo.



Fonte: Autor, 2019.

As polpas de manga designadas à análise utilizadas nesse trabalho foram adquiridas no mercado local no município de Rio Largo, o material foi acondicionado em sacolas plásticas, armazenado sob temperatura ambiente e conduzido ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos pertencente ao CECA, da Universidade Federal de Alagoas-UFAL localizado no campus Delza Gitaí, BR 104 Norte, km 85, Rio Largo – AL, como formas de homogeneização foram confeccionadas amostras de 100 gramas de fruto descartando semente e cascas, depois pesando todas as amostras em uma Balança de precisão modelo BG-400, totalizando 2100 gramas de polpa de manga. Os três tratamentos no qual as amostras foram submetidas foram nomeados: Testemunha In Natura; T1 – Secagem ao Ar pela temperatura ambiente, T2 - Estufa de Ventilação Forçada a 65°C e T3 – Protótipo Secador Solar, com sete repetições em cada um dos ensaios foi escolhido o Delineamento Inteiramente Casualizado, após esta etapa foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para homologação de resultados.

Os tratamentos T1 e T3, que necessitavam de exposição aos raios solares e ao ar ambiente, foram colocados todos os dias durante quatro dias seguidos (27/02/2019 a 02/03/2019) às 09h00min e retirados às 16h00min. Os frutos que foram colocados na estufa de ventilação forçada seguiam o mesmo cronograma, porém a estufa era ligada, completamente vazia, trinta minutos antes, com o objetivo de realizar um pré-aquecimento e a mesma atingir seu máximo potencial de temperatura, depois de retirados

da exposição solar e da estufa, todas as amostras foram pesadas, totalizando quatro pesagens ao longo do tempo da experimentação.

Como forma de validar a eficiência térmica do protótipo, a cada hora de exposição, eram aferidas as temperaturas no seu interior com o auxílio de um termômetro infravermelho Iminipa MT-320, como forma de se comparar a diferença entre a temperatura ambiente, foram obtidos os Dados meteorológicos junto à Estação Agrometeorológica Automática do Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia localizado no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Rio Largo - AL. Latitude: 9°28'29,1''S; Longitude: 35°49'43,6''W; Altitude: 127,0 m. Os elementos meteorológicos conferidos foram radiação solar global, temperatura do ar e velocidade do vento. Os resultados de perda de massa dos tratamentos foram conseguidos em percentagem, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{\text{Perda de massa inicial} - \text{Perda de massa final}}{\text{Perda de massa inicial}} \times 100$$

Previamente à etapa de desidratação foram confeccionadas sete amostras escolhidas randomicamente dos frutos que seriam submetidos à desidratação, para análise de parâmetros físico-químicos com o objetivo de se caracterizar as polpas antes da desidratação, em concordância à metodologia clássica proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (1986). Após a etapa de secagem, essas amostras já desidratadas também foram analisadas para constatar quaisquer eventuais diferenças no tratamento executado pelo protótipo em relação aos tratamentos restantes. Na determinação de Sólidos Solúveis Totais (°Brix), foram pesadas com o auxílio de uma balança analítica, trinta e cinco gramas (35g) da polpa moída, misturada e homogeneizada acompanhado de um acréscimo de 20 mL de água destilada e filtrada, pronta à solução, foi adicionada uma gota da mesma em um refratômetro do tipo ABBE e foi captada a leitura.

Para análise de acidez titulável foi utilizado 50 mL de uma solução de 35 gramas de polpa com 20 mL de água destilada, acondicionado em um Becker de 50 mL, para a titulação foi utilizada uma solução de NaOH a 1 mol de carga, A fórmula utilizada para o cálculo da acidez foi: Acidez, solução normal % (v/p) = [volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação x fator de correção da solução de hidróxido de sódio

x 100]/gramas da amostra usada na titulação. Para se mensurar o valor de pH foi usado um medidor de pH modelo: PH-2600, após a calibração do equipamento, o sensor foi inserido na amostra de 50 ml, que foi feita diluindo-se 35 gramas de polpa da fruta em 20 ml de água destilada, após estabilizada a leitura os dados foram tabulados. A mesma concentração de amostra foi utilizada tanto na análise de polpa in natura como nas polpas já desidratadas dos três diferentes tratamentos.

Para homologação desses parâmetros por estatística foi escolhido o Delineamento Inteiramente Casualizado, com quatro tratamentos denominados: Testemunha – In Natura, T1 – Secagem ao Ar, T2 – Estufa de Ventilação Forçada e T3 – Protótipo Secador, com sete repetições em cada tratamento. Para comparar as médias dos tratamentos entre si será realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por conta de sua influência direta na velocidade de secagem do material no interior do protótipo os parâmetros de temperatura ambiente, temperatura no interior do Secador Solar, além dos valores de velocidade do vento, radiação solar global (Tabela 1, 2 e 3).

Tomar conhecimento desses valores tornou-se fundamental para a compreensão do comportamento do secador solar neste ensaio. Neste contexto radiação solar é um parâmetro importante, pois é fonte primária de todos os fenômenos atmosféricos e de processos físicos, químicos e biológicos observados em ecossistemas agrícolas, neste caso seu aproveitamento para a funcionalidade do secador solar, pois em teoria, quanto mais incide sobre a superfície do secador, maior é o potencial de temperatura atingida pelo secador.

Velocidade do vento foi também considerada, pois quanto maior esta incidente sobre os exaustores do secador mais eficiente é a desidratação porque são transportadas para o ambiente o vapor de água gerado pela temperatura elevada no interior do protótipo proveniente dos frutos. A temperatura ambiente foi medida para constatar o possível ganho de temperatura do secador em relação ao ambiente de instalação do experimento.

Tabela 2. Dados meteorológicos referentes ao ambiente e temperatura no interior do protótipo solar para desidratação de Manga, parâmetros observados em 28/02/2019.

Horário	Elementos Meteorológicos			
	Temperatura Interior Protótipo (°C)	Temperatura do Ar (°C)	Velocidade do Vento (m ³ s ⁻¹)	Radiação Solar Global (MJ m ⁻²)
09h00min - 10h00min	39,4	31,0	1,9	2,3
10h00min - 11h00min	44,1	32,8	2,7	3,1
11h00min - 12h00min	45,8	32,1	2,7	3,4
12h00min - 13h00min	45,6	32,8	3,1	3,3
13h00min - 14h00min	51,9	32,5	3,9	3,2
14h00min - 15h00min	50,1	31,6	3,7	2,6
15h00min - 16h00min	42,3	30,9	3,7	1,8

Fonte: Autor, 2019

Tabela 3. Dados meteorológicos referentes ao ambiente e temperatura no interior do protótipo solar para desidratação de Manga, parâmetros observados em 01/03/2019.

Horário	Elementos Meteorológicos			
	Temperatura Interior Protótipo (°C)	Temperatura do Ar (°C)	Velocidade do Vento ($\text{m}^{-3} \text{s}^{-1}$)	Radiação Solar Global (MJ m^{-2})
09h00min - 10h00min	37,8	30,7	2,9	2,7
10h00min - 11h00min	48,0	30,7	3,4	3,4
11h00min - 12h00min	42,0	31,5	3,7	3,1
12h00min - 13h00min	40,0	31,8	3,4	2,9
13h00min - 14h00min	52,0	31,6	3,9	3,0
14h00min - 15h00min	47,0	31,3	3,8	2,3
15h00min - 16h00min	43,6	30,8	3,6	1,9

Fonte: Autor, 2019

Tabela 4. Dados meteorológicos referentes ao ambiente e temperatura no interior do protótipo solar para desidratação de Manga, parâmetros observados em 02/03/2019.

Horário	Elementos Meteorológicos			
	Temperatura Interior Protótipo (°C)	Temperatura do Ar (°C)	Velocidade do Vento ($\text{m}^{-3} \text{s}^{-1}$)	Radiação Solar Global (MJ m^{-2})
09h00min - 10h00min	44,3	30,6	2,6	2,6
10h00min - 11h00min	55,2	31,7	3,1	3,5
11h00min - 12h00min	60,2	31,9	3,2	3,3
12h00min - 13h00min	64,0	31,9	3,5	3,1
13h00min - 14h00min	59,3	31,8	3,9	2,8
14h00min - 15h00min	50,0	31,4	4,0	2,6
15h00min - 16h00min	55,0	30,7	4,3	1,8

Fonte: Autor, 2019

Tomando como referência o trabalho de CPRA (2009), a temperatura considerada ideal de secagem para frutas varia de 45°C (mínima) a 65°C (máxima). De acordo com o observado nas tabelas acima, é notório que no secador solar, a temperatura mínima mencionada foi atingida, estando abaixo deste valor quando os períodos sombreados foram mais extensos. De maneira geral, a temperatura do protótipo experimental esteve dentro dos limites ideais recomendados, o que contribuiu para conservar as amostras com bom nível de qualidade.

As frutas apresentam baixa condutividade térmica, e esta diminui à medida que o alimento é desidratado, neste caso, as fatias de manga devem estar distribuídas em finas

e uniformes camadas para aquecer rapidamente sem sofrer danos térmicos (SPOTO, 2006).

Por causa da indisponibilidade de analisar a temperatura no interior do protótipo no primeiro dia de secagem, somente os números totais dos dias 28/02/2019, 01/03/2019 e 02/03/2019 foram apresentados. Foi observado no dia 28/02/2019, nas primeiras duas horas de aferição e na última hora, as médias de temperatura no interior do secador ficaram abaixo da temperatura ideal para secagem de frutos, embora nos outros períodos tenha atingido o intervalo ideal de temperatura, entretanto tenha ficado em 19,4°C a maior diferença de temperaturas entre o interior do protótipo e a temperatura ambiente.

No dia 01/02/2019 (Tabela 2) houve uma interferência bastante significativa do sombreamento na temperatura, este sombreamento pode ser constatado no comportamento de queda na radiação solar global na área do período entre 11h00min e 12h00min em relação ao período de 10h00min para 11h00min que atingiu também o período de 12h00min - 13h00min, sendo que num dia com a ausência de nuvens a tendência típica é o aumento e não a queda na radiação capturada pelo sensor, por conta disso, em quatro das sete verificações a temperatura em seu interior, o secador ficou abaixo do considerado mínimo ideal de 45°C. Embora os valores observados não tenham ficado aquém deste valor, apesar das condições adversas, a diferença máxima de temperatura entre o ambiente e o protótipo foi de 20,4°C nesse dia.

Já no último dia de conferência de temperatura, foi constatado, como observado na Tabela 3, devido a este dia estar em excelentes condições meteorológicas para esta finalidade, em todas as medições, o secador atingiu a temperatura mínima de secagem, exceto pelo período entre 09h00min e 10h00min (44,3°C), e ainda mais notável, no período entre 12h00min até as 13h00min a temperatura atingida foi de 64°C o que é apenas 1°C menor do que a temperatura máxima recomendada para a desidratação de frutas, o que comprova o altíssimo potencial do protótipo coletar e maximizar a temperatura ambiente. A diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura capturada no interior do protótipo chegou ao valor máximo de 32,1°C, a maior diferença contatada neste ensaio.

A seguir serão apresentados na Tabela 4 os resultados das análises estatísticas dos dados de polpa de manga pesadas ao fim de cada dia de secagem realizada, com a finalidade de quantificar a velocidade de desidratação entre os tratamentos testados.

Tabela 5. Valores médios de perda de massa de amostras de manga. CECA-UFAL, 2019.

Características Avaliadas	Tratamentos			C.V.(%)
	T1 - Secagem ao Ar	T2 - Estufa de V. Forçada	T3 - Protótipo Secador	
Pesagem Inicial	100	100	100	-
27/02/2019	44,87 a	52,90 a	75,16 b	9,76
28/02/2019	23,23 a	29,62 a	39,17 b	19,96
01/03/2019	20,31 a	21,03 a	24,73 a	15,86
02/03/2019	19,87 a	19,80 a	22,21 a	13,41

Nas colunas, as médias seguidas de letra diferente, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Quanto à eficiência da desidratação do protótipo, em relação aos tratamentos de secagem ao ar e estufa de ventilação forçada, foi observado que no primeiro dia de secagem, os frutos secados pelo protótipo diferiram estatisticamente dos outros tratamentos como visto na Tabela 4. As polpas de manga desidratadas por secagem ao ar e estufa de ventilação forçada não diferiram estatisticamente mostrando a mesma eficiência para ambos. Porém, numericamente o tratamento secagem ao ar mostrou-se 8,03% melhor no primeiro dia. Mesmo sua temperatura sendo muito menor perante a estufa, o intenso fluxo de ar que incidia sobre as polpas que estavam secando ao ar livre garantiram melhor desidratação das polpas, isso pode ser explicado por que o vento desloca as moléculas de água mais rapidamente do que o calor.

Por esse motivo, de acordo com Santos (1980) o ar é o meio mais empregado na desidratação de alimentos, pois possibilita a condução de calor e a remoção da umidade contida nos produtos. O menor desempenho do secador, em primeiro momento, em relação aos outros tratamentos pode ser associado a menor ventilação do Protótipo. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a perda de massa está intimamente associada à perda de água, que é minimizada no armazenamento sob atmosfera modificada, devido ao aumento da umidade relativa no interior do protótipo, saturando a atmosfera ao redor das polpas, ou seja, involuntariamente houve modificação da atmosfera, o que proporciona a diminuição do déficit de pressão de vapor d'água em relação ao ambiente de armazenamento, fazendo com que a redução de volume nas polpas fosse menor em relação aos outros tratamentos no primeiro dia de secagem, como foi visto na análise estatística.

Assim, é possível afirmar que esse fenômeno ocorreu, principalmente, pela elevada temperatura no interior do protótipo, fazendo com que as amostras tivessem rápida liberação da água livre, este fato associado à insuficiente ventilação para se eliminar essa alta humidade e trocar de gases com a atmosfera, que liberaria essa

humidade para o meio, isso ficou explícito devido à presença de água condensada na parte interna da tampa de vidro do Secador.

Ao fim do segundo dia de secagem, todos os tratamentos continuaram apresentando a mesma proporção no desempenho para desidratação da polpa de manga. Os valores de pesos nas polpas no tratamento 3 apresentou diferença estatística quando comparado ao tratamento 1 e 2 de acordo com o teste de Tukey a 5 % de Probabilidade.

No terceiro dia de secagem foi constatado que todos os tratamentos não deferiram estatisticamente segundo o teste de média, evidenciando a evolução do desempenho do secador solar ao longo dos dias, também ao fim do quarto dia os tratamentos continuaram com a mesma eficiência de desidratação sem diferença estatística entre a massa da polpa. Apesar de numericamente o protótipo apresentar um desempenho ligeiramente inferior, estatisticamente este tratamento se mostrou tão eficiente quanto os outros dois nesse aspecto.

Ao final das pesagens foi constatada uma redução média dos teores de umidade de 79,37%. Essa diminuição dos teores de umidade deve-se, principalmente, a perda de água durante o processo de secagem.

De acordo com a tabela brasileira de composição de alimentos a manga possui um teor de umidade de 82,30%, enquanto que neste experimento, o secador solar conseguiu atingir uma média de 77,79% o que garantiu quase que a total retirada de água nas amostras, demonstrado assim uma excelente garantia de qualidade no produto final com o uso do protótipo.

Além dos excelentes resultados na secagem de manga, o secador apresentou vantagens adicionais, uma delas foi a qualidade do produto final que se mostrou maior em relação a secagem ao ar, pois a tampa de vidro garantiu proteção contra contaminantes como, insetos, pássaros e outros, sua tela em material inoxidável e removível permitiu ainda uma higienização bastante satisfatória, quanto em relação a estufa de ventilação forçada, apresentou ainda a vantagem de se levando em consideração a condição climática adequada e o mesmo tempo de funcionamento, apresentou a mesma eficiência na secagem de manga sem consumir eletricidade barateando bastante o custo do processo, embora não possa estar funcional em condições climáticas desfavoráveis.

A seguir serão apresentadas as análises Físico-químicas do material após a desidratação, esses dados foram analisados por meio teste de Tukey a 5% de probabilidade, (Tabela 5), para se analisar possíveis alterações de qualidade no produto acabado.

Tabela 6 - Valores médios de Acidez Titulável (AT), °Brix (SS) e potencial Hidrogeniônico. Rio Largo – CECA - UFAL, 2019.

Parâmetros Físico-químicos	Tratamentos				C.V. (%)
	Testemunha – In Natura	T1 – Secagem ao Ar	T2 – Estufa de V. Forçada	T3 - Protótipo Secador -	
pH	4,00 b	3,78 a	4,08 b	3,63 a	3,25
°Brix	17,30 a	20,22 b	20,81 bc	21,96 c	4,26
Acidez Titulável	4,28 a	6,14 b	7,29 c	6,94 bc	11,75

Nas linhas, letras diferentes divergem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey a 5%.

Sólidos solúveis representam as substâncias como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos, e algumas pectinas presente em vegetais, estando ligados diretamente ao grau de maturidade e ao sabor (CARVALHO et al., 2005). Como demonstrado anteriormente, nos teores de Grau Brix foi constatado que quando analisada In Natura, como esperado, houve significância estatística na concentração dos Sólidos Solúveis Totais, segundo o teste de Tukey, a todos os outros tratamentos em que houve desidratação.

Ainda de acordo com o teste de hipótese, o tratamento T1 referente à Secagem ao Ar diferenciou-se significativamente da testemunha, demonstrando assim uma concentração de sólidos solúveis maior,

Já a respeito do tratamento T2 este apresentou desempenho estatisticamente igual a dois tratamentos: Secagem ao Ar e ao Protótipo Secador, o que significa que este apresentou desempenho intermediário entre esses dois tratamentos, na característica avaliada.

O tratamento T3 que representa o Protótipo Secador acabou por apresentar desempenho estatístico superior, em relação a todos os tratamentos avaliados, demonstrando assim maior concentração de Grau Brix.

Esse aumento nos teores de Sólidos Solúveis foi atribuído à concentração dos açúcares e ácidos orgânicos devido à perda de água. Em trabalho de metodologia semelhante utilizando desidratação solar, realizado com manga Palmer, Camelo (2016) encontrou valores médios de Brix de 14,80° em polpas já desidratadas.

Do ponto de vista da tecnologia de alimentos, a medida do potencial hidrogeniônico (pH) é importante para as determinações de deterioração do alimento com o crescimento de microrganismos, atividade das enzimas. Devido também a polpa de manga possuir pH abaixo de 4,5, sendo classificada como alimento ácido, desfavorece o

desenvolvimento de bactérias, com exceção das bactérias tolerantes. (BENEVIDES), por esse motivo faz-se importante à mensuração deste parâmetro de avaliação de qualidade.

Como observado na tabela acima, os números mostram que, de acordo com exame estatístico aplicado, houve diferença estatística comprovada entre os tratamentos Testemunha e T2, em que ambos apresentaram igualdade estatística (b), em relação aos tratamentos T1 e T3 que também apresentaram entre si igualdade de acordo com o teste de Tukey (a). Apesar de os valores se apresentarem próximos, a variabilidade estatística encontrada pode ser explicada pelo baixo coeficiente de variação do experimento.

Os valores médios de pH vistos no estudo ficaram entre 3,63 e 4,08, apesar de haver alguma variabilidade nestes números, as médias encontradas condizem com a legislação vigente, pois a polpa deve apresentar pH abaixo de 4,5, para garantir sua conservação sem a necessidade de algum tipo de tratamento térmico elevado, o que não colocaria em risco a sua qualidade.

A determinação da acidez total em alimentos faz-se bastante importante haja vista que através dela, podem-se obter dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação dos alimentos. Os ácidos orgânicos presentes em alimentos influenciam o sabor, odor, cor, estabilidade e a manutenção de qualidade (CECCHI, 2003).

Quando analisados os dados na tabela acima, nota-se que característica Acidez Titulável houve diferença estatística, demonstrando claramente que as médias das análises das polpas in natura, foram menores do que os tratamentos desidratados, a média do tratamento in natura deferiu estatisticamente do tratamento T1, como visto na diferença das letras “a” para Testemunha e “b” para T1, já o tratamento protótipo secador representado pela sigla T3 não se diferenciou estatisticamente de T1, porém também não se diferenciou estatisticamente de T2, o tratamento que apresentou o maior valor médio de acidez (c), ficando o tratamento T3 intermediário entre o T1 e o T2 (bc).

A discrepância do tratamento in natura em relação aos desidratados pode ser creditada à maior concentração de ácidos orgânicos dessas amostras, já que a maioria da massa das amostras, representada na forma da água contida nas polpas de manga foi removida dos seus conteúdos por força da ação do vento e da elevada temperatura.

5 CONCLUSÃO

A secagem de polpas de manga utilizando o protótipo, secador solar, é tão eficiente quanto utilizando estufa de ventilação forçada e temperatura ambiente.

Os métodos de secagem ao ar pela temperatura ambiente, a estufa de ventilação forçada e o protótipo do secador solar, não interferem nas características físico-química da manga desidratada.

O protótipo melhora as condições higiênicas de fabricação das frutas desidratadas, melhorando a qualidade.

Sendo assim, uma forma simples e de baixo custo, para o pequeno produtor rural, agregando valor aos seus produtos no mercado.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA–ANEEL. Tarifas em Vigência de todas as concessionárias. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifaAplicada/index.cfm>>. Acesso em: 4 jan. 2021.

AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Informa Economics FNP, 2016. 362 p.

ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. M. A.; SOUZA, L. G. M. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. Natal, RN: 2016. 9 f. Artigo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Laboratório de Máquinas Hidráulicas e Energia Solar.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA–ABINEE Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. 1. ed. S.I: Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da ABINEE, 2012. 176p.

BANDEIRA, F. P. M. O aproveitamento da energia solar no Brasil – situação e perspectivas. Brasília, DF: 2012. 14 f. Câmara dos Deputados. Consultoria Legislativa.

BARBOSA, J. R. P. Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN, Natal, RN, 2011.

BENEVIDES S. D., RAMOS A, M., STRINGHETA P. C., CASTRO V. C., Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28: 571-578, jul.-set. 2008.

Bezerra, T. S., Costa, J. M. C., Afonso, M. R. A., Maia, G. A. & Rocha, E. M. F. F. (2010). Hygroscopic behavior of mango powder of coité and espada cultivar and evaluation of physicochemical characteristics. *Ciência Rural*, v. 40, n. 10, p. 2186–2192.

BIT - Le séchage solaire. Méthodes pratiques de conservation des aliments. Genève, Bureau International du Travail, 1989, 102 p.

BRENNENDORFER, B. et al. - Solar dryers-their role in post harvest processing. London, Commonwealth Science Council, 1985, 337 p.

CAMELO R. S. S., GUIMARÃES C. L., BRUGGIANESI G., PAES J. L. Análise da qualidade da manga (mangifera indica l.) desidratada em secador solar. In: REUNIÃO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 2016. Seropédica.

CARVALHO, J. O. M. Subprodutos da mandioca - composição dos resíduos sólidos. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005.

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

CEDES – Centro de Estudos e Debates Estratégicos. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Perdas e desperdício de alimentos – estratégias para redução. Série de cadernos de trabalhos e debates 3. Brasília, DF, pág. 260, 2018.

CELESTINO, S.M.C. Princípios de Secagem de Alimentos. Planaltina DF: Embrapa Cerrados, 2010. 51 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005.

CODEVASF. Cadastro Frutícola do Vale do São Francisco. Brasília, DF, 1999. 1 CD-ROM.

CORNEJO, F., NOGUEIRA, R., WIBERG, Secagem e desidratação - Ageitec, 2015.

CORREIA, R. C.; ARAUJO, J. L. P.; SILVA, P. C. G. da. Socioeconomia. 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 8 fev. 2020.

COSTA, C. C. DA; GUILHOTO, J. J. M.; BURNQUIST, H. L. Impactos socioeconômicos de reduções nas perdas pós-colheita de produtos agrícolas no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 53, n. 3, p. 395-408, 2012.

CRUZ, G. A. Desidratação de alimentos. São Paulo: Globo, 1990.

EMPREGO E RENDA. Grupo CPT – Centro de Produções Técnicas. Frutas desidratadas: uma opção de saúde e renda. [2008]. Disponível em: <<http://www.empregoerenda.com.br/ideias-de-negocios/cursos/158-frutas-desidratadas-uma-opcao-de-saude-e-renda>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

EVANGELISTA, J. Tecnologia de alimentos. São Paulo: Atheneu, 1998.

FACHINELLO, J. C., Pasa, M. D. S., SCHMITZ, J. D., e BETEMPS, D. L. (2011). Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v.33, n.1, p. 109-120.

FAO. Pérdidas alimentos y desperdicios de alimentos en América Latina y El Caribe. Rome, Italy, 2016.

FIGUEIREDO, R. Princípios da Secagem de Produtos Biológicos., Editora da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. UFPB, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAOSTAT database collections, agricultural data, food and agriculture organization of the United Nations. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 14 dez. 2020.

FREITAS, S. O.; SOUZA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M. Potencial da ozonização no controle de fitopatógenos em pós-colheita. In: Luz, W. C. da. (org.). Revisão anual de patologia de plantas. 1.ed. Passo Fundo: Gráfica e Editora Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, v.21, p.96-130. 2013b.

GUSTAVSSON, J. et al. Global food losses and food waste. Rome, Italy, 2016.

IBARRA GARZA, I. P., RAMOS-PARRA, P. A., HERNÁNDEZ-BRENES, C. & JACOBO-VALÁZQUEZ, D. A. (2015). Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). *Postharvest Biology and Technology*, v. 103, p. 45–54

IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2019. Consultado em 15/01/2021.

IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: Coordenação de Trabalho e Rendimento. - IBGE, 2011. 150 p.

JUNIOR, M. F.; SOARES, A. G. Orientações quanto ao manuseio pré e pós-colheita de frutas e hortaliças visando à redução de suas perdas – comunicado técnico. Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

LIMA A.C.B., ARAÚJO J. B.C, ROCHA L.S., PIMENTEL J.C.M., SANTOS M. E. C. M., ALVES A.M.C. Produção de doces, geleias e compotas em agroindústria familiar artesanal – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018. 29 p.

NETO, H. J. L. Obtenção de tomate seco através do uso de um sistema solar alternativo de baixo custo. Natal, RN: 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2008.

PEREIRA E. B., MARTINS F. R., ABREU S. L., RÜTHER R. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE, 2017. 60p.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2017. 88 p. ISBN 978-85-17-00090-4. IBI: <8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>>.

REETZ, E. R.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; DRUM, M. Anuário brasileiro de fruticultura. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2015. v. 137, 104 p.

ROZIS, J.-F. (dir.) - Sécher des produits alimentaires. Techniques, procédés, équipements. Collection Le point sur, Paris, GRET, 1995, 344 p.

SANTOS, G. L. dos. Desidratação de Alimentos. SENAI - RS – Departamento Regional, 2005. Disponível em: <<http://www.sbirt.ibict.br/upload/sbirt900.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2021.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. Como montar um negócio de frutas desidratadas. Disponível em <<http://www.sebrae.com.br>>, Acesso em 25 Dez 2020.

SENAI - DEPARTAMENTO REGIONAL DO PARANÁ. Tecnologia de alimentos – Série Qualificação. Editora: SENAI, 2000, 38 p.

SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; LEONEL, S.; SOUZA, M. E.; TANAKA, A. A. Caracterização e correlação física e química dos frutos de cultivares de manga em São Manuel. São Paulo. Magistra, v. 24, p. 15-26, 2012.

SILVA, J.L.M.; SAMPAIO, Y.S.B. A eficiência técnica dos colonos nos perímetros irrigados em Petrolina, Juazeiro: uma análise de modelos de fronteiras de produção. Revista Econômica do Nordeste, v. 33, n. 2, 2002, p. 159-179.

SINGH, Z., SINGH, R. K., SANE, V. A. & NATH, P. (2013). Mango-postharvest biology and biotechnology. Critical Review in Plant Sciences, 32, 217–236

SOUZA, J. da S., ALMEIDA, C. O. de, ARAÚJO, J. L. P., CARDOSO, C. E. L. Aspectos socioeconômicos. In: GENUÍ, P. J. de C., PINTO, A. C. de. Q. A cultura da manga. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 21-29.

TABORDA, D. M. Uso de energia solar para o aquecimento do ar em secadores de grãos. 2017. 73 p. Dissertação (Mestrado - Mestrado em Engenharia de Energia) - Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, MG, 2017.

WADA, C. Desidratação de frutas: também é qualidade de vida. Câmara Multidisciplinar de Qualidade de Vida - CMQV. 2009. Disponível em: <<http://cmqv.org/website/artigo.asp?cod=1461&idi=1&moe=212&id=16087>>. Acesso em: 26 fev. 2020.