



**FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**Departamento de Produção Animal e Tecnologia de Alimentos**

**Secção de Tecnologia de Alimentos**

**Curso de Licenciatura em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

Trabalho de Culminação do Curso:

**Avaliação da eficiência de estufas solares na secagem do tomate  
(*Lycopersicum esculentum* Mill)**

**Discente:**

Esperança Abel Maqueu

**Supervisor:**

Mestre Rafael José Nguenha

**Co - supervisores**

Mestre Emelda Simbine

Lic. Agnaldo Manhiça

Maputo ao 09 de Dezembro de 2022

## **Dedicatória**

Ao meu pai Abel Maqueu, meu herói.

*Em memória a minha mãe Lúcia Sangulane.*

*"Sonhos determinam o que você quer.  
Ação determina o que você conquista."  
(Aldo Novak)*

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Esperança Abel Maqueu, declaro por minha honra que o presente trabalho com o tema, **“Avaliação da eficiência de estufas solar na secagem do tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)”** é da minha autoria e nunca foi apresentado para outra finalidade, para além de candidatura para a obtenção do grau de Licenciatura em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Faculdade de Veterinária da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo ao 09 Dezembro de 2022

A estudante

---

(Esperança Abel Maqueu)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pai todo-poderoso e criador do universo.

Ao meu supervisor Mestre Rafael Nguenha por ter embarcado comigo nessa caminhada, a Mestre Emelda Simbine por ter aceitado a responsabilidade de supervisionar e pelas correções durante a realização do trabalho. Sem esquecer ao doutor Agnaldo Manhiça por ter aceitado supervisionar e pelo apoio na resolução de alguns impasses durante a realização do trabalho.

Ao Engenheiro Felizardo Paulo, que desde o início do projecto ele ajudou-me na realização desse trabalho e por ter sido sugerido algumas correções no trabalho.

Ao meu pai em especial, por todo carinho, amor, isentivo e apoio incondicional na realização deste sonho. A minha família em especial a minha irmã Sista Sande pelo apoio e aconselhamentos. A família Lima pelo carinho e amizade.

A todos meus amigos, em especial a Carolina, Cleid, Mariamo, Mussalama, pela motivação e companheirismo.

A minha melhor amiga Tatiana Chinhama pela amizade, aconselhamento.

Em especial ao Ângelo Blaunde pelo suporte, amizade e companheirismo.

Aos meus colegas de turma CTAlimentos 2017 pelo companheirismo durante os 4 anos de faculdade. Aos funcionários da Faculdade de Veterinária, incluindo o grupo CTA e os docentes que contribuíram significativamente para a minha formação.

Aos técnicos do laboratório da secção de Tecnologia de Alimentos (TA), Lic. Joaquim Manguela e Sr. António que com muita paciência tornaram possível a realização das análises laboratoriais.

A União dos Agricultores de Matutuine que me concedeu o espaço para fazer os pré-ensaios.

A todos que aqui não mencionei, mas fizeram parte dessa jornada directa ou indirectamente os meus sinceros agradecimentos.

*Ndaatenda!*

*Khanimambo!*

*Obrigada!*

## LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

**aw** – actividade de água

**AL** – Ar livre

**a\*** – cromaticidade e intensidade do vermelho/verde

**b\*** – intensidade do amarelo/azul

**b.s** – percentagem em base seca

**b.u** – percentagem base húmida

**cm** – centímetro

**EP** – Estufa plana

**EI** – Estufa inclinada

**FAVET** – Faculdade de Veterinária

**FENG** – Faculdade de Engenharia

**g** – gramas

**g H<sub>2</sub>O/h** – gramas de água por hora

**ha** – hectares

**kcal** – quilocaloria

**kg** – quilograma

**km** – quilómetro

**L** – Litros

**L\*** – luminosidade

**mg** – miligrama

**NaCl** – Cloreto de Sódio

**NaOCl** – Hipoclorito de sódio

**TA** – secção de Tecnologia de Alimentos

**ton** – tonelada

**T0** – Sem pré-tratamento

**T1** – Branqueamento

**T2** – Tratamento com sal de cozinha

**UEM** – Universidade Eduardo Mondlane

**°C** – Grau celsius

**%** – Percentagem

**µg** – Micrograma

**β** – beta

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Composição nutricional do tomate “in natura” .....	7
<b>Tabela 2:</b> Tipo de estufas para a secagem de diferentes produtos alimentares.....	10
<b>Tabela 3:</b> Teor de humidade de tomate submetido a diferentes pré-tratamentos e desidratadas em diferentes estufas solar (média ± desvio padrão). .....	24
<b>Tabela 4:</b> Acidez titulável de tomate submetido a diferentes tratamentos e desidratados em diferentes estufas solares .....	26
<b>Tabela 5:</b> Valor do $\Delta E$ de tomate desidratado nas diferentes estufas e pré-tratamentos .....	27

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Produção mundial do tomate no período de 2017 a 2020.....	6
<b>Figura 2:</b> Produtividade do tomate em Moçambique no período de 2016 a 2020.....	6
<b>Figura 3:</b> Curva de secagem hipotética: Humidade do alimento em função do tempo de secagem .....	12
<b>Figura 4:</b> Processamento da matéria-prima.....	15
<b>Figura 5:</b> Delineamento experimental.....	17
<b>Figura 6:</b> Fluxograma de processamento do tomate desidratado .....	18
<b>Figura 7:</b> Fatias de tomate submetido ao branqueamento.....	19
<b>Figura 8:</b> A - Estufa plana (ES1), B - Estufa inclinada (ES2), C - Ar Livre (AL).....	20
<b>Figura 9:</b> Espaço de cor CIE $L^*a^*b^*h^0$ .....	21
<b>Figura 10:</b> Cor do tomate desidratado sobre diferentes condições de secagem.....	28
<b>Figura 11:</b> Curva de secagem de amostras de tomate submetidos a diferentes tipos de estufa .....	29

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	iv
RESUMO .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	2
2. OBJECTIVOS .....	4
2.1. Geral .....	4
2.2. Específico .....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
3.1. Generalidade sobre a cultura do tomate .....	5
3.2. Produção mundial e nacional do tomate .....	5
3.3. Composição química e nutricional do tomate .....	7
3.4. Desidratação de alimentos de origem vegetal .....	8
3.4.1. Desidratação natural do tomate .....	11
3.5. Cinética de Secagem .....	11
3.6. Pré-tratamentos à secagem .....	13
3.6.1. Branqueamento .....	13
3.6.2. Desidratação osmótica .....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
4.1. Local do estudo .....	15
4.2. Selecção e preparação da matéria-prima .....	15
4.3. Desenho do estudo e delineamento experimental .....	16
4.4. Procedimentos experimentais e laboratoriais .....	18
4.4.1. Pré-tratamento .....	18
4.4.2. Secagem .....	19
4.4.3. Determinação de humidade .....	20
4.4.4. Análise instrumental da cor .....	21
4.4.5. Determinação da acidez titulável .....	22
4.4.6. Análise de cinética de secagem .....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
5.1. Teor de humidade .....	24
5.2. Teor de acidez titulável .....	26
5.3. Análise instrumental da cor .....	27
5.4. Cinética de secagem .....	28
6. CONCLUSÕES .....	31
RECOMENDAÇÕES .....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33

## RESUMO

As perdas pós-colheita representam um grande problema para o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) devido a curta vida pós-colheita. Uma alternativa viável é o emprego de tecnologias de baixo custo como o uso de estufas solares feitas a partir de material local que seja acessível e de fácil manuseio para os pequenos produtores, e em simultâneo permitir a secagem do tomate em condições seguras. O objectivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de estufas solares na secagem do tomate submetido a diferente pré-tratamento (branqueamento e desidratação osmótica). Foram necessárias duas estufas solares com inclinação e estrutura distintas para a desidratação do tomate. As amostras foram divididas em três grupos, pré-tratamento com sal, pré-tratamento por branqueamento e sem pré-tratamento e as mesmas foram subdivididas em um delineamento experimental de nove parcelas, três para cada estufa e ao meio aberto. As variáveis avaliadas foram: humidade, acidez titulável, cor e cinética de secagem. Verificou-se maior redução de humidade em tomate submetido ao branqueamento nas duas estufas, sendo que para acidez não teve diferença significativa entre os parâmetros. Tomate pré-tratado com branqueamento e pré-tratado com sal, combinada com estufa plana (EP) apresentaram melhor retenção da cor em relação a estufa inclinada (EI). Foram necessárias 29 horas para desidratar o tomate e para que a velocidade de secagem estabilizasse (6% b.u). A estufa inclinada (EI) e Ar livre (AL) apresentaram a maior velocidade de secagem em relação a estufa plana, pelo qual, foram necessários 3 horas e 30 minutos para começar a observar-se o período decrescente da cinética de secagem, sendo que para a EP, foram necessários 4 horas e 30 minutos para se verificar o período decrescente.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculento* Mill, tomate desidratado, secador solar, conservação de vegetais e hortaliças.

# 1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) pertence à família das solanáceas, é uma das hortaliças mais consumidas. O tomate é a terceira hortícola mais produzida mundialmente depois da batata e batata-doce. O tomate é uma importante fonte alimentar do antioxidante licopeno, que tem sido associado a muitos benefícios à saúde, incluindo a redução do risco de doenças cardíacas e cancro. É uma ótima fonte de vitamina C e K1 (filoquinona), potássio e folato. Em Moçambique, o tomate é muito importante para o consumo diário, usado fresco em saladas ou cozidos em molhos (Brasesco *et al.*, 2021).

A china lidera o *ranking* da produção mundial do tomate, que representa 34,6% da produção global, seguida pela Índia e Turquia (FAOSTAT, 2022). Em Moçambique, o tomateiro é geralmente cultivado na época seca e fresca, o que implica em maior oferta nesse período e consequentemente preço mais baixo de comercialização. A comercialização de tomate “*in natura*” é um grande problema devido a curta vida pós-colheita, o que leva a altas perdas pós-colheita, resultando em perdas económica. Estima-se que mais de 40% da produção são perdas (Tomás, 2014). Para reverter esta situação, o tomate pode ser processado em diversos produtos, como sumo concentrado e polpa. No entanto, a produção destes produtos necessita de tecnologia de alto custo, o que tem sido possível apenas em países desenvolvidos. Deste modo, o desenvolvimento de metodologias de processamento de baixo custo visando produzir produtos com estabilidade de prateleira é a principal alternativa do actual mercado competitivo (Bashir *et al.*, 2014).

A desidratação é o método mais adequado para garantir a estabilidade de prateleira de frutas e hortaliças. Este método consiste na eliminação de água de um produto por evaporação com transferência de calor e massa (Food Ingredients Brasil, 2016). A desidratação dos alimentos pode ser feita usando energia solar (desidratação natural) ou outras formas de energia como a eléctrica e gás comprimido (desidratação artificial).

A desidratação natural (secagem ao sol) é um método usado desde os tempos remotos na conservação de frutas e hortaliças. As principais vantagens da secagem ao sol são os baixos custos de capital e de operação, e o facto de não ser necessário muita experiência para a sua execução (Bashir *et al.*, 2014). Porém, a desidratação natural é uma operação lenta, dependente de factores climáticos e pode resultar na não uniformidade da qualidade do

produto final. Segundo Tavares e Aguiar (2020), a realização de pré-tratamentos antes da secagem ajuda a otimizar o processo de secagem bem como a redução de alterações decorrentes do armazenamento, prolongando deste modo a vida de prateleira.

A desidratação natural pode ser feita ao ar livre ou usando secadores/estufas. A secagem solar ao ar livre é o método mais utilizado pelas populações moçambicanas para desidratação de vários produtos, porém este método propicia a introdução de poeiras e materiais estranhos no produto a secar o que pode favorecer a contaminação por pragas e microorganismos. Deste modo, há necessidade de identificar alternativas viáveis de secagem, usando estufa feitas a partir de material local de tal forma que seja acessível para os pequenos produtores em Moçambique, preservando a qualidade e segurança do produto final.

Face ao exposto, foi desenvolvida a presente pesquisa com o objectivo de avaliar eficácia de duas estufas solares com diferentes capacidades e configurações na secagem do tomate submetido ao pré-tratamento por branqueamento e desidratação osmótica, as amostras que não foram pré-tratadas e a desidratação ao ar livre servirão como base de comparação dos tratamentos e para as estufas, visando promover e/ou intensificar o método de conservação por secagem, por forma a contribuir na redução das perdas pós-colheita do tomate.

## 2. OBJECTIVOS

### 2.1. Geral

- Avaliar a eficiência de diferentes estufas solares na secagem do tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).

### 2.2. Específico

- Analisar o efeito dos pré-tratamentos (branqueamento e desidratação osmótica) na secagem do tomate em diferentes estufas;
- Determinar as características físico-químicas (humidade, cor, acidez titulável) do tomate desidratado em diferentes estufas;
- Determinar as curvas de secagem de tomate desidratado em diferentes estufas.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

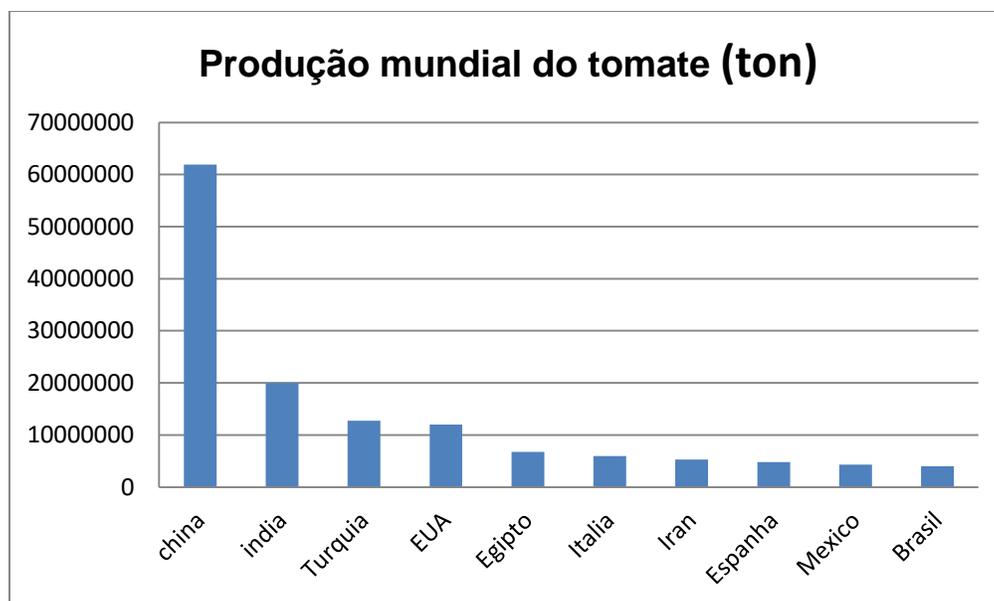
#### **3.1. Generalidade sobre a cultura do tomate**

O tomateiro é considerado uma planta anual, geralmente cultivada no clima tropical, clima subtropical e climas temperadas (Brasenco *et al.*, 2019). O tomate desenvolve-se melhor à temperaturas amenas, entre 18 a 20 °C durante a noite e 25 a 28 °C durante o dia. Baixas temperaturas retardam o desenvolvimento da planta, enquanto temperaturas mais elevadas afectam a frutificação, desenvolvimento e qualidade do fruto. É uma hortícola exigente quanto aos tratos culturais pois é atacada por inúmeras pragas, dificultando e encarecendo o seu cultivo, especialmente na época quente e chuvosa (Malia *et al.*, 2015).

A parte comestível é fruto, que é uma baga carnuda de forma globular achatada e com 2-15 cm de diâmetro. O fruto não maduro é verde e peludo. A cor do fruto maduro varia entre amarelo, cor-de-laranja a vermelho. No geral, o fruto é redondo, com uma superfície lisa ou canelada (Naika *et al.*, 2006). O estado de maturação do fruto é indicativo para a colheita, da qual inicia com a coloração verde-maduro, e tem o fim quando o tomate apresenta uma coloração avermelhada em mais de 90% da sua superfície (Barbosa *et al.*, 2018).

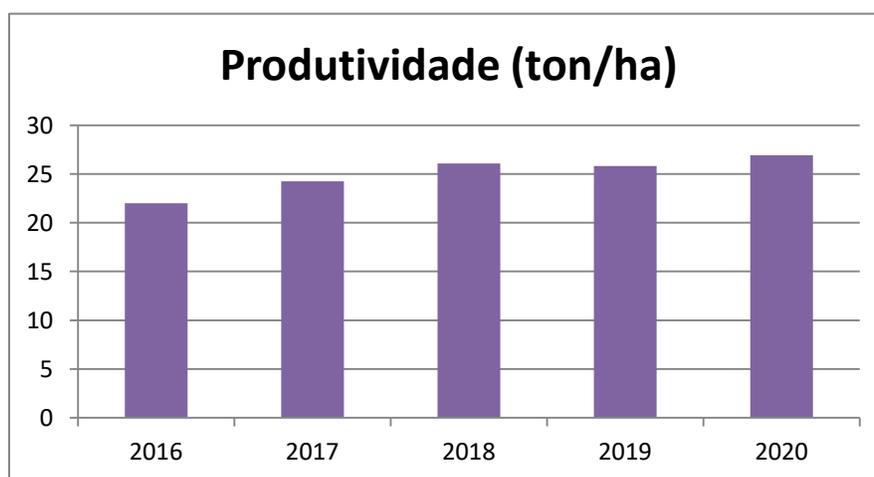
#### **3.2. Produção mundial e nacional do tomate**

Nos últimos anos a produção mundial de tomate teve um aumento considerável do volume em 5%, passando de 178.024.027 milhões de toneladas em 2017 para 186.821.216 milhões de toneladas produzidos em 2020. A China ocupa lugar de destaque na produção mundial de tomate com 64,7 milhões de toneladas representando 34,7% da produção mundial seguida pela Índia com 11% e pela Turquia com 7%, conforme ilustrado na Figura 1 (FAOSTA, 2022).



**Figura 1:** Produção mundial do tomate no período de 2020 (FAOSTAT, 2022).

A nível nacional existe quatro maiores produtores de cultivo de tomate, nomeadamente: Gaza – Chókwè (67%), Manica – Sussundenga (10.8%), Nampula (7.2%) e Niassa (18%) (Tomás, 2014). Nos últimos anos Moçambique registou um aumento na produção de tomate. Esse avanço deve-se a expansão das áreas de cultivo e mudança das condições climáticas em algumas zonas (Govanhica, 2019). A produtividade do tomate a nível nacional nos anos de 2016 à 2020 está ilustrada na Figura 2.



**Figura 2:** Produtividade do tomate em Moçambique no período de 2016 à 2020 (FAOSTAT, 2022).

Em Moçambique, o tomate é geralmente comercializado fresco, logo depois da colheita, devido a inexistência de uma indústria de agro-processamento e insuficiência de infraestruturas de armazenamento do tomate no país. Estima-se que mais de 40% da produção do tomate é

perdida devido a várias razões, incluindo falta de meios de conservação (principalmente sistemas de frio), sazonalidade, fraco conhecimento das tecnologias de processamento e conservação, limitados conhecimentos sobre diferentes propósitos de consumo e concorrência do mercado com os produtos importados (Tomás, 2014).

### 3.3. Composição química e nutricional do tomate

O tomate possui em sua composição aproximadamente 93 a 95% de água (Tabela 1) e os restantes 7 a 5% representam a matéria seca, a que correspondem os sólidos solúveis e compostos inorgânicos (USAID, 2021).

**Tabela 1:** Composição nutricional do tomate “*in natura*”

<b>Substância</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade média/ 100g unidade</b>
Água	g	94
Energia	kcal	22
Proteína	g	0.7
Lipídios totais (gordura)	g	0.42
Cinza	g	0.31
Carboidratos	g	3.84
Fibra	g	1
Minerais	%	0.5
Ácido ascórbico	mg	17.8
Vitamina B	mg	0.079
Vitamina A	$\mu g$	24
Folato	$\mu g$	10
$\beta$ -caroteno	$\mu g$	276
<b>Licopeno</b>	$\mu g$	2860

**Fonte:** USAID (2021).

O fruto é uma boa fonte de vitaminas e sais minerais como potássio, fósforo, cálcio, sódio e magnésio, além de ferro, cobre, zinco e fibra (Zewdie *et al.*, 2022). O teor de açúcares solúveis e os ácidos orgânicos encontrados no tomate durante a fase de amadurecimento são responsáveis pelo sabor e qualidade do fruto (Monteiro *et al.*, 2008).

A cor avermelhada do tomate quando maduro é devido ao carotenoide antioxidante licopeno, que é benéfico na redução de índices de certas doenças crônicas como o cancro da próstata, doenças cardiovasculares e diabetes (Zewdie *et al.*, 2022).

### **3.4. Desidratação de alimentos de origem vegetal**

As frutas e hortaliças apresentam de modo geral elevado teor de água, que varia de 70 a 95%. Técnicas de conservação destes produtos são estudadas há anos, pelo qual, o desafio é conservar os alimentos por períodos mais longos, mantendo os valores nutricionais semelhantes aos originais. Em níveis industriais, têm-se buscado o desenvolvimento de operações que minimizem os custos de produção (Leite *et al.*, 2015).

A desidratação é a operação por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material, em que se utiliza ar quente para a transferência de calor para o alimento e a consequente evaporação da água nela contida. A redução de humidade minimiza-se o desenvolvimento de microorganismos que causam deterioração do alimento e reduz ao mínimo muitas reações advinda da humidade e promove a concentração dos nutrientes ao efeito da evaporação da água (Celestino, 2010).

A desidratação pode ocorrer sob condições controladas em estufas (secagem artificial), ou pode ocorrer sob condições naturais (secagem natural/sol).

A desidratação natural consiste na remoção da água do alimento para o ambiente, dependendo da radiação solar, até a um nível em que a actividade de água ( $a_w$ ) do produto final seja baixo o suficiente para garantir a sua estabilidade (Augusto, 2017). A desidratação natural depende da temperatura do ar, humidade do ar, velocidade de secagem (Bezerra, 2007).

Numa estufa solar de baixa complexidade, nem sempre é fácil controlar esses três factores devido as constantes variações das condições climáticas que se verificam ao longo de todo o dia e durante a noite. Um aumento do fluxo de entrada de ar do exterior, causa a descida da temperatura dentro da estufa e um ligeiro aumento da humidade relativa do ar, influenciando as condições de secagem. Espera-se geralmente que no início do processo de secagem, o fluxo de ar a circular dentro da estufa seja maior de modo a remover a água livre dos alimentos a desidratar. Por outro lado, um decréscimo do fluxo de ar na estufa, influencia no aumento da temperatura dentro da estufa e uma ligeira diminuição da humidade do ar dentro da estufa. Esta situação é preferível no final da secagem, na fase em que se pretende retirar a água combinada (Rosa Dias, 2017).

A desidratação natural é um processo demorado e limitado à temperatura. Dentro da estufa solar não deve exceder a 65 °C de modo a evitar perdas ou alterações nutricionais e/ou mudanças nas características sensoriais (cor, sabor e textura) (Jorge, 2014).

Antigamente a secagem era feita espalhando o alimento no chão, telhados, esteiras ou outras superfícies planas sendo regularmente mexidos até que estejam desidratados. Segundo Rosa Dias (2017), hoje em dia a secagem solar é essencialmente feita com recurso a estufas solares, de diferente complexidade, que optimizam essa fonte energética. Existe uma grande variedade de estufas solares, que diferem essencialmente na forma de transferência do calor para os produtos a desidratar.

Alguns autores recomendam a utilização de estufas solares para a desidrataação de diferentes produtos (Tabela 2). Tavares e Aguilár (2020) classificam as de estufas solares em:

- Estufa directa – em que a radiação é absorvida directamente pelos materiais húmidos. Em alguns caso pode haver um absorvedor metálico internamente à estufa, onde o ar é aquecido;
- Estufa solar indirecta – que possui um colector solar à parte, para absorver a radiação com o objectivo de aquecer o ar que posteriormente irá aquecer o produto húmido;
- Estufa mista – que é a combinação da estufa indirecta e estufa directa.

**Tabela 2:** Tipo de estufas para a secagem de diferentes produtos alimentares

<b>Classificação da estufa</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Produtos recomendados</b>
<b>Secagem ao ar livre</b>		Café, milho, arroz e feijão.
	Estufa indirecta	Ervas e hortaliças
<b>Estufa solar</b>	Estufa directa	Frutas e cacau
	Estufa mista	Frutas
<b>Estufa artificial</b>	Silos de secagem	Grão com produção sazonal, como arroz.
	Leito fixo	Milho em espiga, café, feijão em rama e raspa de mandioca.
	Tipo cascata	Soja, milho, trigo, sogro e feijão.
	De bandeja	Produtos finamente divididos ou em pedaços menores.
	<i>Spray Drying</i>	Queijo e derivados, café, condimentos e caldos preparados
	<i>Freeze Drying</i>	Produtos nobres que necessitam de rehidratação rápida.
	Rotativo	Café, arroz, pasta, farinha de peixe, biomassa e pimenta.

Fonte: Tavares e Aguilar (2020).

### **3.4.1. Desidratação natural do tomate**

A secagem do tomate pode ser realizada de diferentes maneiras, dentre elas a secagem em estufa elétrica e em estufa solar. Segundo a FAO (2019), o tomate desidratado ao sol deve ser maduro para favorecer maior redução do conteúdo de água. A desidratação do tomate ao sol pode durar em torno de 4 a 10 dias. O licopeno e a vitamina C, após a secagem, aparentemente apresentam-se concentrados no produto seco (Coelho, 2010).

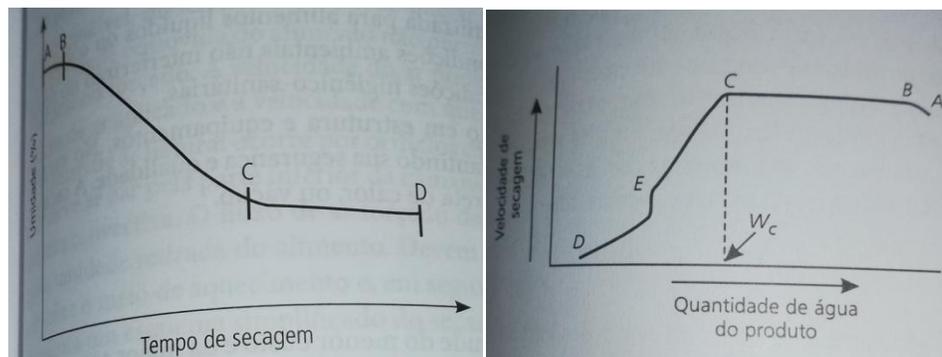
ANVISA (2005) estipula o teor de humidade máximo de produtos vegetais secos ou desidratados em torno de 12%. Pereira *et al.* (2006), indicam que para conseguir um armazenamento de tomate desidratado por maior período de tempo sem alterações de qualidade e sem adição de conservante é essencial reduzir a humidade até a faixa de 11 a 14%. A FAO (2019) refere que o tomate desidratado pode ter uma vida de prateleira de até 2 anos se devidamente armazenado em embalagens herméticas.

Outro factor que influencia na eficiência de secagem é a geometria do produto. No caso do tomate, o corte longitudinal e a retirada das sementes aceleram a velocidade de secagem, não sendo recomendada a retirada da pele, porque torna o produto frágil e aumenta a possibilidade de desintegração (Augusto, 2017). Em seu estudo Camargo (2000), observou que as variedades de tomate inteiro submetido a temperatura de 70 °C, apresentaram velocidade de secagem similar, porém, o tomate dividido em quatro partes iguais e sem semente apresentou velocidade de secagem elevada em relação ao tomate cortado ao meio com semente.

### **3.5. Cinética de Secagem**

A cinética de secagem ou a velocidade com que um alimento perde humidade é determinada pela humidade em função do tempo. Esta é primariamente controlada pelas características da matriz do alimento e pelas variáveis temperatura, velocidade e humidade relativa do ar. Para a obtenção da curva de secagem, amostras de alimento são retiradas em intervalos de tempo pré-estabelecidos para a determinação da humidade (%b.u ou %b.s) (Celestino, 2010).

Cada alimento possui uma curva de secagem padrão em que apresenta geralmente duas fases, um período de taxa de secagem constante e outro decrescente até não mais ser possível a redução de humidade. As diferentes fases de uma curva de secagem são ilustradas na Figura 3.



**Figura 3:** Curva de secagem hipotética: Humidade do alimento em função do tempo de secagem (Augusto, 2017).

Augusto (2017) e Celestino (2010) descrevem a cinética de secagem da seguinte forma:

- i. Segmento (A-B): período do estado transitório, também chamada de *período de estabilização* em que o alimento se adapta às condições de secagem e sua temperatura atinge um valor constante, sendo igual a temperatura de bulbo húmido, enquanto a água estiver a ser evaporada, há maior taxa de remoção de água em pouco tempo.
- ii. Segmento (B-C): verifica-se a velocidade constante, onde a superfície exposta do alimento matem-se saturada de água pelo facto da remoção de água d interior do solido para a superfície ocorre a mesma velocidade de evaporação na superfície.
- iii. Segmento (C): fim da secagem constante e a humidade nesse ponto é conhecida como crítica, isto é, devido ao aumento da resistência interna e o movimento de líquido do interior para superfície do sólido é insuficiente para o condensar o líquido que esta sendo evaporado.
- iv. O segmento (C-D): é a fase do início do período de secagem e, velocidade decrescente, onde a humidade do alimento diminui até alcançar a humidade de equilíbrio. Apresenta-se quando a velocidade de movimento de água do interior do alimento para a superfície se reduz e portanto a pressão parcial de água nessa superfície diminui progressivamente e ela começa a secar.

### **3.6. Pré-tratamentos à secagem**

É comum em vegetais ocorrer o escurecimento devido a presença de enzima polifenoloxidase (PPO), que é activada com a exposição das partes internas do vegetal ao oxigénio, provocado pelo corte. Por outra, as temperaturas utilizadas na secagem aceleram a reacção enzimática que causa o escurecimento. Uma vez activa, a PPO provoca alterações indesejáveis da cor, sabor, aroma e textura, para além de acelerar o processo de deterioração advinda da acção dos microorganismos. Por isso têm sido aplicados pré-tratamentos dos produtos desidratados, tratamentos como é o caso do uso branqueamento e a desidratação osmótica (Celestino, 2010).

#### **3.6.1. Branqueamento**

O branqueamento é um tratamento térmico que consiste em submeter os vegetais crus à temperaturas próxima de 90 °C ou em ebulição (100 °C) por um período curto de 1 a 5 minutos (Celestino, 2010). Segundo Naika *et al.* (2006), o tomate pode ser escaldado antes da secagem em água fervente, durante 1-2 minutos, para inactivar enzimas e reduzir a carga microbiana na superfície.

O branqueamento torna as membranas celulares mais permeáveis à desidratação, de modo a acelerar o processo de secagem devido ao cozimento parcial dos tecidos (Celestino, 2010).

Em uma das primeiras pesquisas sobre o efeito do pré-tratamento, Gupta e Nath (1984) citado por Igarashi (1999) submeteram o tomate inteiro a um branqueamento na salmoura fervente a 2,5% por 10 segundos. Após o branqueamento o tomate foi cortado em diferentes espessuras e seco em um secador de bandejas com ar à temperatura de 70 e 80 °C, obtendo-se uma humidade final de 8 e 10% respectivamente. Observou-se que pedaços de espessura mais fina e a 80 °C requerem um menor tempo de secagem. O tempo de secagem das amostras branqueadas foi muito menor do que das amostras não branqueadas.

#### **3.6.2. Desidratação osmótica**

A desidratação osmótica é um pré-tratamento que consiste na redução da actividade de água (*aw*) de um alimento sólido pelo contacto com uma solução hipertônica. Concretamente, consiste na aplicação de uma solução com alta pressão osmótica em virtude a alta concentração de sais e açúcares, utilizado geralmente nos processos de desidratação natural e artificial de frutas e vegetais e carnes (Augusto, 2017).

A desidratação osmótica minimiza as alterações físicas e químicas do produto, sem prejudicar a sua integridade. Reduz o tempo total de exposição ao calor, agrega valor ao produto, preserva a estabilidade dos pigmentos e melhora a qualidade do produto final (Tonon, 2006).

As fatias do tomate pré-tratadas em uma solução de cloreto de sódio (NaCl) por 3 minutos antes da secagem apresentaram uma boa aparência (Olorunda *et al.*, 1999). E no estudo de Montebeller *et al.* (2011), o tomate submetido ao pré-tratamento por imersão a uma solução salina a 3, 5 e 7% durante 3 horas, com a finalidade de obter-se 40% de umidade na desidratação em estufa eléctrica a 65 °C, apresentaram maior rapidez de secagem comparativamente ao tomate que não passou pelo tratamento osmótico.

Segundo Alessi (2010), a desidratação natural do tomate submetido a osmose combinada de NaCl e sacarose, em estufa solar a temperatura de 60 °C, leva em torno de 3 a 4 dias, e fazendo um estudo comparativo a desidratação pela estufa solar não foi efectiva na obtenção da umidade desejada em relação desidratação artificial.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Local do estudo

O estudo foi realizado na Faculdade de Veterinária (FAVET) e Faculdade de Engenharia (FENG) da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), situadas na Cidade de Maputo (Bairro Luís Cabral, Avenida de Moçambique – Km 1,5, respectivamente). A determinação de humidade e análise da acidez titulável foram realizadas no laboratório da secção de Tecnologia de Alimentos (TA-FAVET), a análise instrumental da cor foi realizada no laboratório de Engenharia Química da FENG.

### 4.2. Selecção e preparação da matéria-prima

Foram utilizados 15 kg de tomate maduro, comprados no mercado grossista do Zimpeto (Figura 4A), e transportados em saco plástico até a sala de processamento da secção do TA. Na selecção do tomate que serviu de matéria-prima para o processamento, teve-se em conta características como a integridade dos frutos, firmeza, o estado de maturação, a ausência de manchas e danos mecânicos (Figura 4B). De seguida, foi realizada a desinfecção por imersão em uma solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) (na proporção de 4 mL NaOCl /L de água) durante 15 minutos, e depois pesou-se o tomate ainda inteiro em balança analítica de precisão 0.01 g. Após essa etapa, o tomate foi cortado transversalmente (rodela) com aproximadamente 5 cm espessura e retiradas as sementes segundo as recomendações de Montebeller (2011) (Figura 4E).



**Figura 4:** Processamento da matéria-prima. A - Tomate "in natura", B-Seleção do tomate, C-Sanitização, D-corte do tomate, E-Fatias de tomate.

### 4.3. Desenho do estudo e delineamento experimental

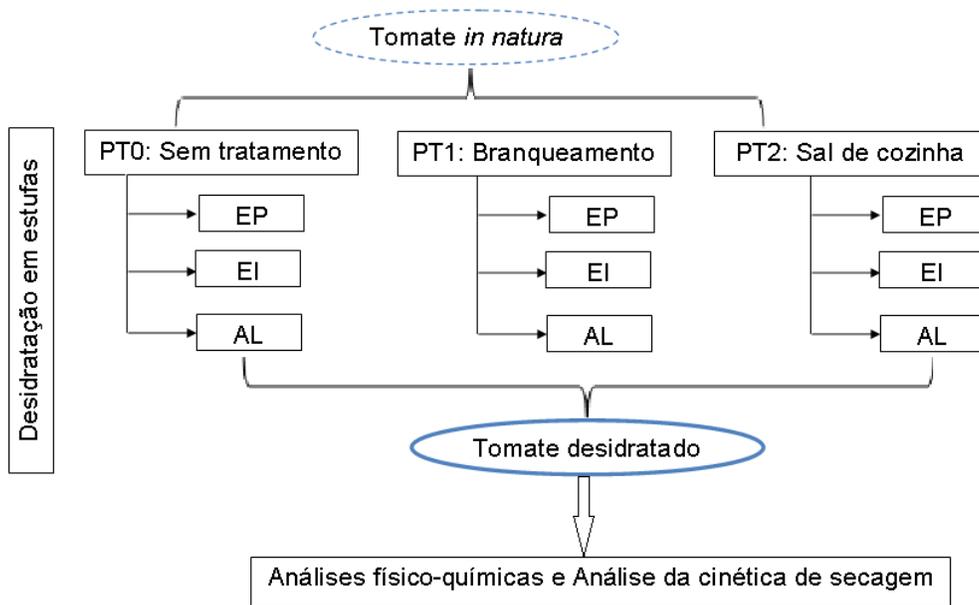
As fatias do tomate “*in natura*” foram pesadas e divididas em três grupos iguais: PT0 – sem pré-tratamento (controlo negativo) os restantes dois (2) grupos foram submetidos ao pré-tratamento sendo: PT1- com branqueamento a 90 °C durante 2 minutos; PT2- sal de cozinha a 2% durante 20 minutos.

Para cada grupo foram realizadas três divisões perfazendo um total de nove (9) parcelas experimentais que foram submetidas a secagem nas duas estufas solares (EP e EI) e ao ar livre (AL), simultaneamente (Figura 5).

A desidratação foi realizada em estufas solares de exposição directa construídas a base de madeira e cuja diferença estava na inclinação (Figura 5) e número de bandejas disponíveis nas estufas:

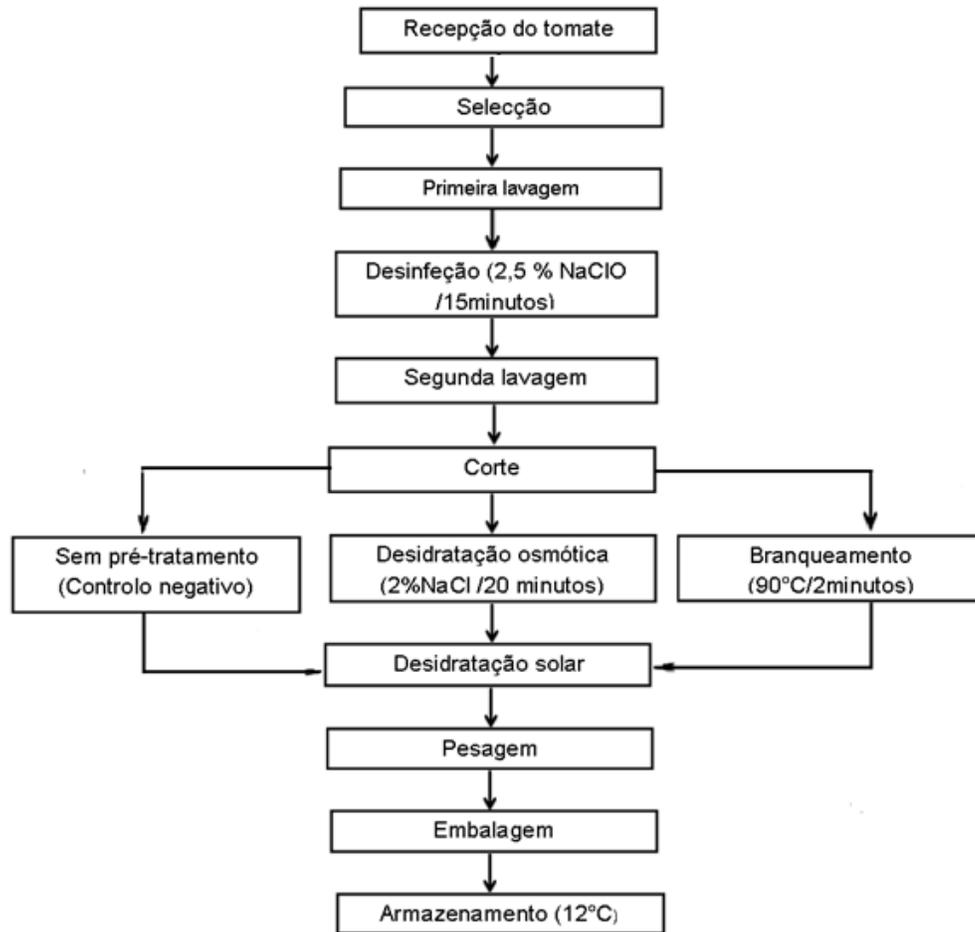
- **Estufa plana (EP)** – é uma estufa construída a base de madeira e redes de *nylon*, apresentando aproximadamente 1.5 metro de altura, 1 metro de comprimento e largura, composta por três bandejas de rede de *nylon*. A estufa só é fechada na parte traseira por madeira.
- **Estufa inclinada (EI)** – é uma estufa construída a base de madeira e redes de *nylon*, com aproximadamente 1 metro de altura, 1 metro de comprimento e 0.5 centímetro de largura, composta por uma bandeja de *nylon* não móvel. Apresenta uma inclinação de aproximadamente 45° e a parte traseira é fechada com madeira.
- **Ar livre/Padrão (AL)** – é a designação dada para amostras que foram submetidas a secagem ao ar livre por meio da exposição directa ao sol, sem uso de redes protectoras, tendo sido considerado um tratamento controlo.

Após a secagem, prosseguiu-se com as análises de teor de humidade, acidez titulável, e análise instrumental da cor. Todas as análises laboratoriais foram feitas em *quaduplicata*. O desenho esquemático do delineamento experimental está ilustrado na Figura 5.



**Figura 5:** Delineamento experimental: EP-Estufa plana, EI-Estufa inclinada, AL-Ar Livre

A sequência das etapas de processamento do tomate desidratado desde a recepção da matéria-prima até a obtenção do produto final está ilustrada na Figura 6.



**Figura 6:** Fluxograma de processamento do tomate desidratado

**Fonte:** Bezerra (2007) e Silva (2018)

#### 4.4. Procedimentos experimentais e laboratoriais

##### 4.4.1. Pré-tratamento

##### 1) Branqueamento

Em uma panela mediu-se 3 L de água, para que todo tomate (4,8 kg) pudesse ser imerso (Figura 7). Aqueceu-se a água até 100 °C, de seguida retirou-se do fogo deixou-se arrefecer ate 90 °C e submergiu-se o tomate durante 2 minutos. Escoou-se a água e fez-se o resfriamento rápido em água com gelo por igual tempo.

De seguida escoou-se a água e deixou-se as amostras em repouso por 10 minutos de modo a retirar o excesso de água. Posteriormente as amostras foram acondicionadas nas estufas (EP, EI) e ao ar livre (AL) para a desidratação (Tonsello e Viega, 1955).



**Figura 7:** Fatias de tomate submetido ao branqueamento (90 °C durante 2 minutos).

## **2) Salmoura**

Foram adicionados 3 L de água potável e 60 g (2%) de sal e agitou-se até que o sal ficasse completamente dissolvido, para facilitar o processo de osmose. De seguida adicionou-se as fatias do tomate (5,1kg) e deixou-se em repouso por 20 minutos. Passado o tempo, escoou-se a água e deixou-se em repouso por 10 minutos para retirar o excesso de água, e por fim as amostras foram colocados nas estufas (EP, EI) e ao ar livre (AL) (Tonsello e Viega, 1955).

### **4.4.2. Secagem**

Foram usadas duas estufas solar, de exposição à radiação directa as quais diferem em relação ao número de bandejas e à inclinação. Para a secagem, as fatias de tomate previamente tratadas e identificadas, foram colocadas em simultâneo nas telas malhadas de *nylon* (rede) de cada estufa, dispostas de modo a facilitar a distinção entre os tratamentos, onde permaneceram durante o dia sob exposição solar. Ao anoitecer, as estufas eram recolhidas para um ambiente fechado. O processo repetiu-se durante 29 horas de exposição, até que o tomate atingisse peso constante.

Não foi possível fazer a monitoria da temperatura dentro da estufa devido a falta de um termómetro digital, porém, por meio da previsão do tempo anotou-se a temperatura máxima do dia, a qual variou de 29 a 30 °C. Para controlar massa perdida ao passar do tempo, usou-se um papel alumínio com uma pequena quantidade de amostras acondicionadas em cada estufa e o registo da massa era feita de 8 a 8 minutos, seguida de 30 a 30 minutos, depois de 1 a 1 hora durante 5 horas e para finalizar de 2 e 2 horas até se verificar peso constante.

Após a secagem o tomate foi embalado em sacolas plásticas de polietileno correctamente seladas e identificadas. Por fim, as amostras eram acondicionadas a temperatura ambiente (+/- 25 °C) para posteriores análises.

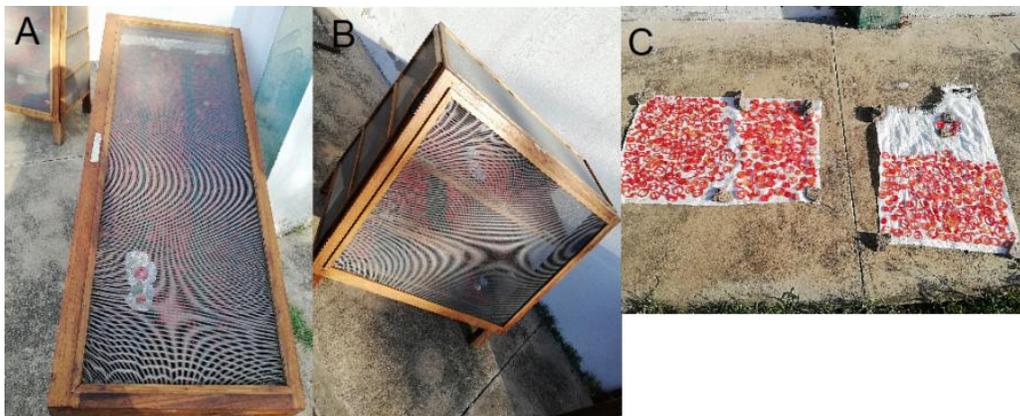


Figura 8: A - Estufa plana (ES1), B - Estufa inclinada (ES2), C - Ar Livre (AL).

#### 4.4.3. Determinação de humidade

A determinação de humidade baseou-se no método de estufa directa a 105 °C como descrito no manual do Instituto Adolfo Lutz (2008). A determinação da humidade foi feita no tomate “*in natura*” e no tomate desidratado, cada análise foi feita em quatro repetições.

Pesou-se 3 g da amostra do tomate em uma placa de *Petri* previamente pesada e tarada, e colocou-se na estufa a 105 °C durante 3 horas. Passadas as 3 horas retirou-se as placas da estufa e deixou-se arrefecer no exsiccador por 30 minutos para o posterior registo do peso. Para calcular o percentual da humidade foi usada a equação 1:

$$U (\%b.u) = \frac{(m_i - m_f) * 100}{m_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

U (%b.u) – Humidade percentual (base húmida);

$m_i$  – massa da amostra húmida;

$m_f$  – massa da amostra seca.

#### 4.4.4. Análise instrumental da cor

A análise instrumental da cor foi realizada utilizando um colorímetro digital (*Color Reader, Cr-10, Japão*). A cor foi mensurada a partir de um diagrama tridimensional de cores ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) onde  $L^*$  representa a luminosidade;  $a^*$  representa a intensidade do vermelho/verde e a cromaticidade  $b^*$  representa a intensidade do amarelo/azul (Figura 9).

Primeiro calibrou-se o colorímetro em um fundo branco (folha A4) de modo a obter-se “0” nos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . De seguida agrupou-se uma pequena quantidade das fatias de tomate seco em uma superfície branca plana de modo que não tivesse interferência de uma outra cor e fez-se a leitura dos parâmetros, e registou-se os valores observados. O mesmo procedimento foi repetido 4 vezes, e a diferença da cor foi determinada usando a equação 2 descrita por Nyangen *et al.*, (2019).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$\Delta E$  – Diferença da cor total

$\Delta a$  – Diferença na coordenada vermelho – verde ( $\Delta a = a$  da amostra –  $a$  standard);

$\Delta b$  – Diferença na coordenada azul – amarelo ( $\Delta b = b$  da amostra –  $b$  standard);

$\Delta L$  – Diferença na coordenada brilho ( $\Delta L = L$  da amostra –  $L$  standard).

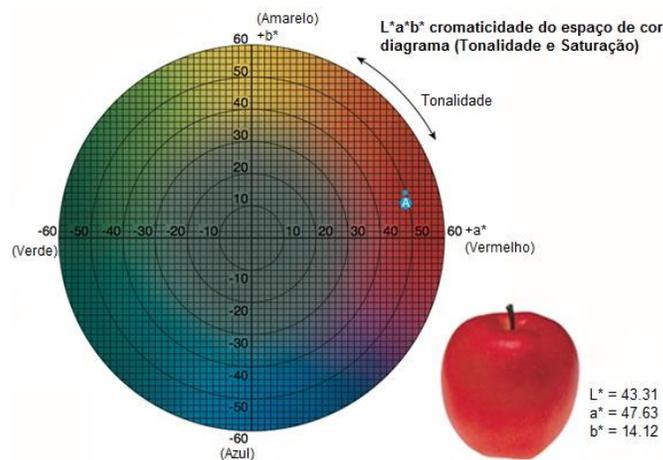


Figura 9: Espaço de cor CIE  $L^*a^*b^*h^\circ$  (Ferreira e Spricigo, 2017).

#### 4.4.5. Determinação da acidez titulável

A determinação da acidez titulável baseou-se no método de volumetria com indicador (IAL, 2008). Por se tratar de uma amostra sólida primeiro pesou-se 5 g e adicionou-se 50 mL de água destilada, de seguida homogeneizou-se em um *Stomacher* durante 90s a 280rpm. A amostra homogeneizada foi colocada no frasco de *Erlenmeyer* identificada, depois filtrou-se com algodão para torná-la mais clara de modo a facilitar a percepção da mudança de cor. Depois de filtrar, foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína na amostra e titulou-se com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0.1N sob agitação constante, até notar-se o *rosada* persistente por 30 segundos e por fim registou-se o volume gasto de NaOH, posteriormente usado no cálculo matemático (Equação 3) determinou-se a acidez titulável.

$$\text{ATT (g/100mL)} = \frac{V \times N \times Eq}{10 \times P} \text{ (Equação 3)}$$

Onde:

- ATT – acidez titulável total em gramas por 100mL
- V- volume da solução de NaOH gasto na titulação em mL
- P- massa da amostra em g
- N- normalidade da solução de NaOH (0.1N)
- Eq – equivalente grama do ácido (ácido cítrico = 64.02)

#### 4.4.6. Análise de cinética de secagem

Para a determinação da curva de secagem, fez-se o registo do peso perdido em função do tempo, como descrito por Celestino (2010). Foram usadas fatias de tomate não tratado para determinar a curva de secagem das estufas solares, de modo a garantir resultados uniformes e precisos, sem influência dos pré-tratamentos.

A partir dos dados monitorados da perda de peso em função do tempo durante a secagem realizada em estufas, foram construídas as curvas da cinética de secagem para cada estufa descritas nas equações 4, 5 e 6 (Souza, 2017).

$$U_i = \frac{m_i - m_f}{m_f} * 100 \text{ (Equação 4)}$$

$$m_s = \frac{m_i}{1 - U_i} \text{ (Equação 5)}$$

$$U(t) = \frac{m(t) - m_s}{m_s} \text{ (Equação 6)}$$

Onde:

- $m_i$  – massa inicial da amostra húmida (g)
- $m_f$  – massa final da amostra seca (g)
- $m_s$  – massa seca (g)
- $m(t)$  – massa em função do tempo (minutos)
- $U(t)$  – Humidade em função do tempo (g de água/g de massa seca)
- $U_i$  – Humidade inicial em base seca (g de água/g de massa seca)

#### 4.5. Tratamento e análise de dados

Os dados obtidos das análises físico-químicas foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância ANOVA-*univariate*, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com o nível de significância de 5% ( $p < 0.05$ ) usando o pacote estatístico SPSS versão 21. As curvas de secagem foram elaboradas no Excel versão 20, usando os valores da humidade na base húmida (Equação 6).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível desidratar o tomate em diferentes condições de secagem. O tomate desidratado na estufa plana, estufa inclinada e ar livre, foi submetido à análises laboratoriais, neste capítulo são apresentados os resultados dos diferentes parâmetros analisados no estudo.

### 5.1. Teor de humidade

Com relação a perda de teor de água foi possível notar que houve uma variação de humidade em torno de 19% a 31%, tendo sido maior perda para no controlo (AL) e menor na estufa inclinada (EI) respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 3:** Teor de humidade de tomate submetido a diferentes pré-tratamentos e desidratadas em diferentes estufas solar (média  $\pm$  desvio padrão).

Estufa	Pré-tratamento		
	PT0	PT1	PT2
EP	25.0 $\pm$ 4.89A <sup>a</sup>	26.6 $\pm$ 1.54A <sup>a</sup>	25.9 $\pm$ 5.65A <sup>a</sup>
EI	31.3 $\pm$ 6.9A <sup>a</sup>	21.5 $\pm$ 1.52A <sup>a</sup>	25.3 $\pm$ 5.31A <sup>a</sup>
AL	20.2 $\pm$ 2.9B <sup>a</sup>	19.6 $\pm$ 2.28B <sup>a</sup>	24.7 $\pm$ 2.00B <sup>a</sup>

Diferentes letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha demonstram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0.05$ ).

EP – estufa plana; ES2 – estufa inclinada; AL – ar livre.

PT0 – sem pré-tratamento; PT1 – pré-tratamento com branqueamento; PT2 – pré – tratamento com sal.

Verificou-se efeito significativo ( $p < 0.05$ ) do tipo de estufa usada e os pré-tratamentos no teor de humidade do tomate desidratado. O tomate submetido ao branqueamento e desidratado ao ar livre (AL) foi o que apresentou menor teor de humidade, com cerca de 19.6%, comparado com o tomate tratado com sal e o sem tratamento, submetidas as mesmas condições de secagem, tendo estes apresentado um teor de humidade de 24,7% para tratamento com sal e 20.2% para tomate sem tratamento e não foram significativamente diferentes entre si. Por outro lado, as amostras sem tratamento e desidratadas na estufa inclinada (EI) apresentaram o maior teor de humidade com cerca de 31.3% (Tabela 3).

O branqueamento das amostras antes da secagem mostrou-se mais eficaz na redução da humidade, o que pode estar relacionado com o rompimento da parede celular causado pela fervura facilitando a libertação da água durante o processo de secagem, efeito que é observado no tomate desidratado ao ar livre e na estufa inclinada (b.u 19.6% e 21.5%) respetivamente. Celestino (2010) afirma que o branqueamento torna as membranas celulares mais permeáveis

a desidratação, de modo a acelerar o processo de secagem devido ao cozimento parcial dos tecidos.

As fatias de tomate sem pré-tratamento e desidratadas na estufa inclinada apresentaram maior teor de humidade (b.u 31%) devido a disposição em que as amostras estavam acondicionadas. Aquela disposição permitia que se criasse uma zona sombreada, o que tornava a secagem relativamente mais demorada em relação aos restantes tratamentos, causados pela baixa incidência e não uniformidade dos raios solares nas fatias do tomate.

Observou-se também uma diferença no teor de humidade em amostras desidratadas nas estufas e ao ar livre (AL), tendo-se notado que ambas estufas retêm maior teor de humidade em relação a secagem ao ar livre. Estes resultados podem ser associados a baixa circulação de ar nas estufas e baixa incidência de raios solares quando comparado ao ar livre. De acordo com Lima (2019), o funcionamento dos secadores solares depende de um fluxo de ar, que percorre toda a sua área interna, e sofre aumento de temperatura durante seu trajecto, pela exposição aos raios solares. Os produtos a serem desidratados dispostos no secador perdem humidade ao entrarem em contacto com o ar aquecido, no qual actua como meio de transporte para remover o vapor de água formado na superfície do produto.

Pereira *et al.* (2006) referem que a humidade do tomate desidratado deve estar na faixa de 11 a 14% porque garante armazenamento por mais tempo sem alterações de qualidade e sem necessidade de adição de conservantes, resultados obtidos nesta pesquisa estão acima do padrão estabelecido por este autor. No entanto, para garantir maior tempo de prateleira seria necessário preparo de tomate desidratado em conserva em uma solução em azeite com condimentos para dar sabor. Segundo Heredia *et al.* (2010), a importância do conteúdo de humidade no tomate está relacionada com a sua vida de prateleira.

Contudo, é importante realçar que não existe uma padronização da humidade final para o tomate desidratado, sendo que a obtenção da humidade final desejada está inteiramente associada ao objectivo do processamento. O tomate desidratado que apresenta elevado teor de humidade, acima de 50 a 55% da base húmida, é destinado a consumo como aperitivo, que é submetido ao engarrafamento geralmente feito em azeite e outros condimentos para dar sabor (Food Ingredients Brasil, 2016).

## 5.2. Teor de acidez titulável

Os resultados obtidos (média  $\pm$  desvio padrão) de acidez titulável expressa em termos de concentração do ácido cítrico estão apresentados na Tabela 4. Observou-se valores de acidez titulável no tomate desidratado de 0.72 à 1.20, sendo que o tomate fresco teve 0.15 de acidez titulável.

**Tabela 4:** Acidez titulável de tomate submetido a diferentes tratamentos e desidratados em diferentes estufas solares

Estufa	Pré-tratamento		
	PT0	PT1	PT2
EP	0.82 $\pm$ 0.31A <sup>a</sup>	0.91 $\pm$ 0.25A <sup>a</sup>	1.14 $\pm$ 0.07A <sup>a</sup>
EI	1.06 $\pm$ 0.08A <sup>a</sup>	0.91 $\pm$ 0.13A <sup>a</sup>	0.97 $\pm$ 0.20A <sup>a</sup>
AL	0.72 $\pm$ 0.08A <sup>a</sup>	1.20 $\pm$ 0.24A <sup>a</sup>	0.76 $\pm$ 0.18A <sup>a</sup>

Diferentes letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha demonstram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0.05$ ).

EP – estufa paralela; EI – estufa inclinada; AL – ar livre.

PT0 – sem pré-tratamento; PT1 – pré-tratamento com branqueamento; PT2 – pré – tratamento com sal.

Constatou-se que o tomate desidratado teve um aumento acima de 5 vezes de acidez comparado com o tomate “*in natura*” (0.15). Essas variações de acidez titulável podem estar relacionadas as reações bioquímicas que ocorrem em função da concentração dos ácidos, devido a saída de água durante o processo de secagem (Monteiro *et al.*, 2008).

Entretanto as estufas e os tratamentos aplicados não mostraram efeito significativo ( $p < 0.05$ ) na acidez titulável das amostras de tomate. O tomate pré-tratado por branqueamento e desidratado ao ar livre apresentou maior teor de acidez titulável, com cerca de 1.20, embora não houvesse diferença significativa entre os tratamentos. O tomate não submetido ao tratamento e desidratado ao ar livre apresentou a menor acidez titulável com cerca de 0.72 (Tabela 4).

No que diz respeito aos valores de acidez, de modo geral o tomate obtido no presente estudo apresentou valores equiparáveis aos encontrados por Steven e Rick (2000), referem-se aos valores de percentagem de ácido cítrico que variam de 0.4 a 0.91%.

A acidez titulável fornece dados importantes para o processamento de tomate, sendo que a acidez influencia na qualidade final do produto, e o ácido cítrico é o ácido mais abundante no tomate e é que mais contribui para a acidez titulável (Tomás, 2014).

Quanto a estabilidade na conservação, estes valores de acidez podem indicar que para o tomate desidratado nas diferentes condições e submetidos a diferentes pré-tratamentos favoreceu a manutenção da acidez titulável e a conservação do produto. O resultado encontrado está de acordo com Souza *et al.* (2018), que referem que o aumento de acidez é decorrente a baixa concertação de ácidos orgânicos o que auxiliam na manutenção da qualidade pós-colheita dos tecidos, por servir de fonte de oxidação no processo respiratório.

### 5.3. Análise instrumental da cor

Os resultados médios da análise instrumental de cor das amostras (indicativos de variação da cor ( $\Delta E$ )) de tomate desidratados estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5:** Valor do  $\Delta E$  de tomate desidratado nas diferentes estufas e pré-tratamentos

Estufa	Pré-tratamento		
	PT0	PT1	PT2
EP	3.22	1.13	1.42
EI	3.10	3.53	3.13
AL	2.97	3.57	3.78

EP – estufa plana; EI – estufa inclinada; AL – ar livre. PT0 – sem pré-tratamento; PT1 – pré-tratamento com branqueamento; PT2 – pré – tratamento com sal.

A desidratação influenciou na tonalidade avermelhada do tomate, com perda de pigmento. Foi mais nítido a perda de cor no tomate desidratado na estufa inclinada e ao ar livre em relação a estufa plana, evidenciando desse modo o processo de caramelização na EI e AL mais intenso.

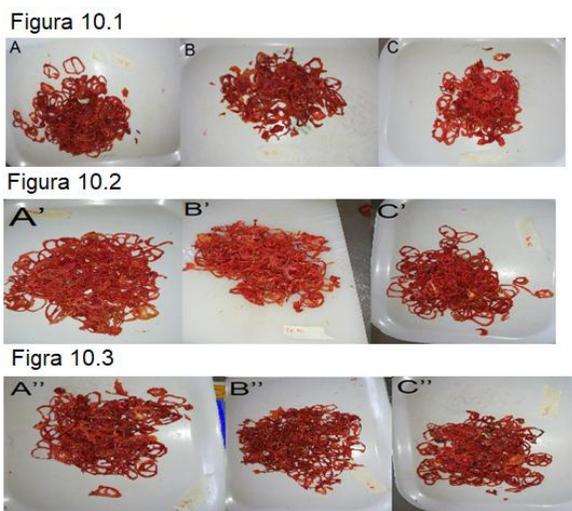
A estufa plana (EP) teve maior retenção da cor, em fatias de tomate pré-tratadas com sal e pré-tratadas com branqueamento, estando associadas maior intensidade da cor vermelha ( $L^*$ ) (Anexo I). Porém, a estufa inclinada (EI) e meio aberto (AL) não tiveram o mesmo efeito. Verificou-se menor retenção da cor nas fatias de tomate causado pela configuração da estufa que permitiu maior uniformidade da incidência solar nas fatias de tomate pré-tratadas, e maior circulação do ar quente na estufa, condições essas que influenciam a alteração da cor vermelha do tomate durante a secagem, tornando-o mais escuro devido à ocorrência de reações de escurecimento não enzimático.

Foi possível observar na tabela 5 o efeito da secagem sobre a cor do tomate seco. Portanto, os valores ( $a^*$ ) encontrados no tomate são todos positivos, indicando que todos tendem ao vermelho com diferentes intensidades (Anexo I). Observando os valores no anexo I pode se notar que o tomate desidratado na estufa plana (EP), apresentou maior luminosidade ( $L^*$ ),

maior intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ), resultando deste modo, em melhores características de cor aproximando-se mais a coloração vermelho intenso. Porém, a estufa inclinada e ao ar livre foram as que apresentaram menor intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ) e menor luminosidade.

Toor e Savage (2006) relatam que há decréscimos da luminosidade ( $L^*$ ) após a desidratação do tomate, pois durante o processo térmico de desidratação a estrutura do tomate entra em colapso e isto pode resultar no aumento dos níveis de compostos fenólicos e de enzimas oxidativas, liberados de suas matrizes.

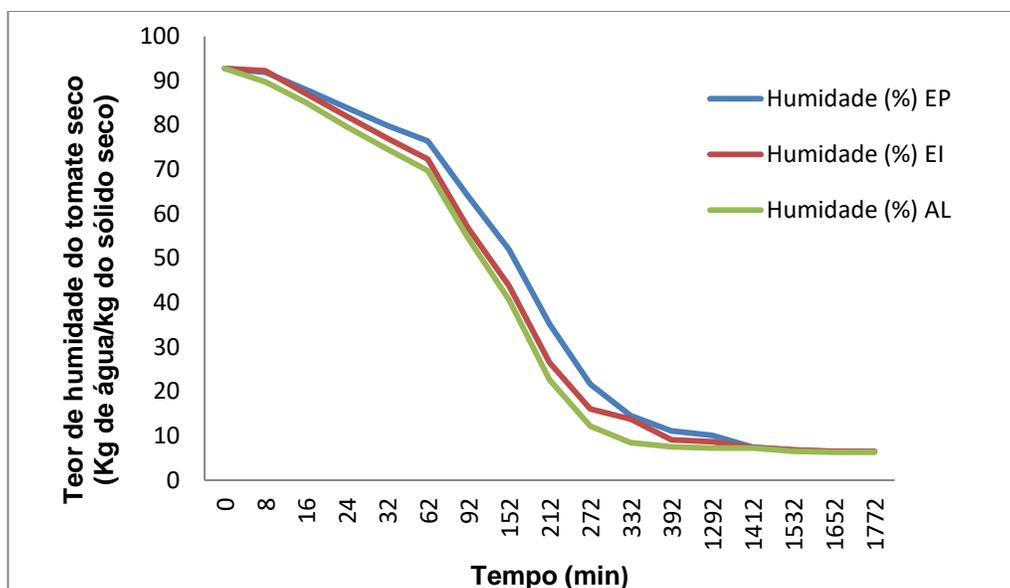
Segundo Heredia *et al.* (2010), durante a secagem, a cor típica do tomate fresco muda gradualmente para tons mais acastanhada ou vermelho intenso dependendo do processamento envolvido. Isto ocorre principalmente como resultado das mudanças sofridas pelo licopeno em função do calor, a oxidação do ácido ascórbico e as reações de escurecimento enzimático e não enzimático. A cor do tomate desidratado nos diferentes tratamentos está ilustrada na Figura 10.



**Figura 10:** Cor do tomate desidratado sobre diferentes condições de secagem. 10.1. (A) fatias de tomate sem pré-tratamento (PT0), (B) pré-tratamento com branqueamento (PT1) e (C) pré-tratamento com sal (PT2) submetidos a secagem ao Ar Livre (AL). 10.2. (A') fatias de tomate sem pré-tratamento (PT0), (B') pré-tratamento com branqueamento (PT1) e (C') pré-tratamento com sal (PT2) submetidos a secagem na estufa plana (EP). 10.3. (A'') fatias de tomate sem pré-tratamento (PT0), (B'') pré-tratamento com branqueamento (PT1) e (C'') pré-tratamento com sal (PT2) submetidos a secagem na estufa inclinada (EI).

#### 5.4. Cinética de secagem

A cinética de secagem do tomate na estufa plana (EP), estufa inclinada (EI) e ao Ar livre (AL), expressa em humidade em função do tempo, está ilustrada na Figura 11.



**Figura 11:** Curva de secagem de amostras de tomate submetidos a diferentes tipos de estufa (EP – estufa plana; EI – estufa inclinada; AL – ar livre).

De uma forma geral houve redução do peso ao passar do tempo, sendo que nos primeiros 62 minutos de desidratação verificou-se a período transitória, em que ocorreu maior redução de umidade em pouco tempo. Após esse período, observou-se redução constante de umidade (62 a 272 minutos), tendendo a ficar mais lenta, e depois notou-se no fim da fase decrescente (272 minutos) percebendo-se maior dificuldade de remoção da umidade. Esse efeito é causado pela crosta formada ou devido a baixa actividade de água ( $a_w$ ) do produto (Celestino, 2010). Por fim observou-se a período estacionária (272 a 1772 minutos) onde a redução da umidade tendeu a ficar constante (Figura 11). Portanto, a cinética de secagem observada no presente trabalho é similar ao reportado por Celestino (2010) e Augusto (2017).

A umidade inicial do tomate foi de 92,7% b.u e passadas 23 horas de secagem começou a observar-se redução constante da umidade, chegando a atingir 10% b.u (29 horas) no final do processo de secagem. As curvas de secagem nos diferentes tipos de estufa apresentaram comportamento similar, sendo que o ar livre (AL) foi a que se observou maior redução de teor de água ao passar do tempo, e passado 5 horas de secagem foi possível observar a redução constante da umidade.

Observou-se também que a EP e EI tiveram comportamento diferentes. Nos primeiros 8 minutos a EP e EI tiveram mesma velocidade de secagem, porém ao passar do tempo a velocidade de secagem foi se diferenciando tendo sido menos para EP. A EI apresentou velocidade de secagem elevada, devido a ligeira inclinação que ajudou na maior incidência dos

raios solares sobre as amostras, pois permite maior circulação do ar e transferência de calor e massa fazendo com que houvesse maior perda água em relação a EP. O mesmo fenômeno verificou-se na secagem ao AL. Efeito que não foi observado na estufa plana que pode estar relacionada ao tipo de estufa que influencia na baixa circulação do ar e velocidade de secagem.

Em um estudo realizado por Lima (2019) de um secador solar de baixo custo para desidratação de alimento, percebeu que a inclinação da estufa influencia em maior perda de peso, pois o fluxo de ar aquecido entra pela sua parte inferior e por ser menos denso, tende a ser arrastado pela corrente do ar atmosférico para a parte de superior de onde sai o ar, e durante esse percurso o fluxo de ar sofre aumento de temperatura pela exposição dos raios solares.

O mesmo efeito foi observado no estudo realizado por Matos *et al.* (2018), na secagem de maçã nas temperaturas de 50 e 60 °C onde percebeu que o aumento da temperatura favorece o processo de transferência de energia na forma de calor para as amostras diminuindo conseqüentemente, o tempo necessário para o sólido atingir o equilíbrio dinâmico.

## 6. CONCLUSÕES

As diferentes estufas solares (estufa plana e estufa inclinada) são eficientes na secagem do tomate e representam uma alternativa viável para a secagem natural do tomate e acessível aos pequenos produtores.

O pré-tratamento (branqueamento e a desidratação osmótica) tem efeito positivo no processo de secagem do tomate, mantém as propriedades físico-químicas do tomate, reduzem o teor de humidade, influencia na manutenção do teor de acidez e o branqueamento contribui para a manutenção da cor em amostras submetidas a secagem.

O tomate pré-tratado com branqueamento e pré-tratado com sal, combinada com estufa plana (EP) apresenta melhor retenção da cor.

A estufa inclinada (EI) apresentou a maior velocidade de secagem do tomate em relação a estufa plana.

## **RECOMENDAÇÕES**

Para a comunidade acadêmico-científica, recomenda-se que sejam realizadas pesquisas complementares ao presente estudo:

- Estudo das alterações do processo da desidratação do tomate na composição nutricional do tomate desidratado nas estufas;
- Análise sensorial do tomate desidratado, com foco na textura, sabor e aroma.
- Estudo da vida de prateleira do tomate desidratado quando armazenado em embalagens hermeticamente fechadas;

Para a indústria alimentar:

- Uso de secagem como alternativa para conservação do tomate;
- Desenvolvimento de tecnologia de processamentos que possam agregar valor ao tomate;
- Investimento em estufas solares para a secagem do tomate;

Para Entidades Governamentais e Não-Governamentais:

- Incentivar os agricultores a produzir o tomate em grande escala;
- Abertura de infraestruturas de processamento do tomate e conservação do tomate em grande escala.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alessi, E.S. (2010). Tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir e mnini-tomate congelados. Dissertação. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, Brasil. pp. 73.
- ANVISA (2005). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 272 de 22/09/2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/legislacao/visualizar/27633>. Acesso em: 29 de Abril de 2022.
- Augusto, E.D. (2017). Princípio de tecnologia de alimento. Rio de Janeiro. Editor Atheneu. Vol.3. pp. 301-304.
- Barbosa, E.G., Belém, G.L., Coelho, G.D. (2018). Avaliação de secagem do tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) em cortes transversal em estufas e sacadores solar. Conadis Congresso nacional da diversidade do seminário. Brasil. pp. 12. Disponível em: [ID:818\\_29112018235530.pdf](http://ID:818_29112018235530.pdf). Acesso em 23 de Maio de 2018.
- Bashir, N., Bhat, M.A., Dar, B.N., Shah, M.A. (2014). Effect of Different drying methods on the quality of tomatoes. *Advances in food sciences*. India. Vol.36.n.2. pp. 65-69. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/263544844>. Acesso em 10 de Outubro de 2021.
- Bezerra, T.S. (2007). Desidratação de Hortaliças: aspectos teóricos. Trabalho de Conclusão do Curso. Universidade de Brasília. Centro de Excelência em Turismo-CET. pp. 54. Disponível em: <https://www.bdm.unb.br/bitstream/10483/318/1/2007TanyaSulamythaBezerra.pdf>. Acesso em 26 de Dezembro de 2020.
- Brasenco, F., Asgedom, D., Casari, G. (2019). Strategic analysis and intervention plan for fresh and industrial tomato in the Agro-Commodities Procurement Zone of the Pilot Integrated Agro-Industrial Park in Central-Eastern Oromia, Ethiopia. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Addis Ababa. pp. 80. Disponível em: [www.fao.com](http://www.fao.com). Acesso em 18 de Outubro de 2022.
- Camargo, G. A. (2000). Secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) para conserva: Estudo de parâmetro com base na qualidade final. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. São Pulo. pp. 87. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=464273>. Acesso em 22 de Maio de 2021.
- Celestino, S.C. (2010). Princípios de secagem de alimentos. Ed. Planaltina: Embrapa Cerrados. Edição online. p 51. Brasil. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77765/1/doc-276.pdf>. Acesso em 18 de Dezembro de 2020.
- Coelho, K.D. (2010). Secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) em camada delgada: Avaliação das características físico-químicas. Dissertação. Universidade Federal do Rio

Grande, Escola de Química de Alimento. Rio Grande. pp. 111. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/2953>. Acesso em 25 de Fevereiro de 2021.

Ferreira, M. D., Spricigo, P. C. (2017). Colorimetria princípios e aplicação na agricultura. pp.16. Acesso 30 de Agosto de 2021. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1084379>. Acesso em 30 de Agosto de 2021.

Food and Agricultural Organization of United Nation (FAO). (2019). Sun-dried tomato processing in Nubaria. Disponível em [www.fao.com](http://www.fao.com). Acesso em 12 de Agosto de 2021.

Food Ingredients Brasil (2016). Desidratação: A desidratação na conservação dos alimentos. Revista n.38. Disponível em [www.revista-fi.com](http://www.revista-fi.com). Acesso 31 de novembro 2021.

FAOSTAT. (2022). Revision of the Agriculture production data domain. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em 22 de Outubro de 2022.

USAID (2021). Legumes e produtos vegetais: tomate, ramã. Disponível em: [www.fdc.nal.usda.gov](http://www.fdc.nal.usda.gov). Acesso em 7 de Junho de 2022.

Govanhica, G.J.M. (2019). Avaliação do potencial para produção de tomate em ambiente protegido em Moçambique. Dissertação. Universidade de Évora, Escola de ciências e Tecnologia. Évora. Pp. 101. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/26137>. Acesso em 17 de Outubro de 2022.

Gupta, R.G., Nath, N. (1984). Drying of tomatoes. Journal of Food Science and Technology, Vol.21. pp. 372-376. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/263544844>. Acesso em 5 de Julho de 2022.

Heredia, A., Peinado, I., Rosa, E., Andrés, A. (2010). Effect of osmotic pre-treatment na microwave heating on lycopene degradation and isomerization in cherry tomato. Food Chemistry. Vol.123. p. 92-98.

Igarashi, L. (1999). Estudo do pré-tratamento osmótico de tomate e seus efeitos na secagem. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia química. Campinas-São Paulo pp. 118.

Instituto Adolfo Lutz (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo. Edição IV. 1ª edição digital. pp. 574-575. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016\\_3\\_19/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf). Acesso em 26 de Junho de 2021.

Jorge, A. (2014). Avaliação comparativa entre processos de secagem na produção de tomate em pó. Dissertação. Universidade tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Ponta Grossa. pp. 70. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1571/1/PG\\_PPGEP\\_M\\_Jorge%2C%20Aline\\_2014.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1571/1/PG_PPGEP_M_Jorge%2C%20Aline_2014.pdf). Acesso em 22 de Maio de 2022.

Leite, A.L.M.P., Silva, F.S., Porto, A.G., Piasson, D., Santos, P. (2015). Contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. Vol.45.n.2. pp. 155-162.

Lima, R.A. (2019). Estudo de secador solar de baixo custo para desidratação de alimentos. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Natal-Rio Norte. pp. 41. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/42995/2/EstudoSecadorSolar\\_Lima\\_2019.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/42995/2/EstudoSecadorSolar_Lima_2019.pdf). Acesso 30 de Outubro de 2022.

Malia, H.A., Ecole, C.C., Melo, W.F., Resende, F.V. (2015). Hortícola em Moçambique: Características tecnológicas de produção e pós-produção. Embrapa, DF, IIAM, Universidade da Florida, Universidade Estadual de Michigan. Brasil, DF. Brasil. pp 194-200.

Matos, J.D.P., Silva, S.D.N., Silva, L.P.F.R., Costa, Z.R.T., Gomes, J.P. (2018). Cinética de secagem de maçã. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. Maceió-AL, Brasil. pp 1-5. Disponível em: [https://www.confrea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/65\\_cdsdm.pdf](https://www.confrea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/65_cdsdm.pdf). Acesso em 27 de Março de 2022.

Monteiro, C.S., Balbi, M.E., Miguel, O.G., Penteadó, P.T.P.S., Haracemiv, S.M.C. (2008). Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “Tipo Italiano”. *Alimentação e Nutrição*. Araraquara. Vol.19.n.1.. pp 25-31.

Montebeller, D.C.; Agnoletti, B.Z.; Saraiva, S.H.; Teixeira, L.J.Q.; Sartori, M.A.; Carneiro, J.C. S.; Junqueira, M.S. (2011). Avaliação do tempo de secagem na produção de tomate seco em conserva utilizando pré-tratamento de desidratação osmótica. XVI Encontro Latino Americano de Iniciação Cinética e XII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Universidade do Vale do Paraíba. Brasil. pp. 6. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2012/anais/arquivos/RE\\_0515\\_0529\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2012/anais/arquivos/RE_0515_0529_01.pdf). Acesso em 28 de Fevereiro de 2022

Naika, S., Jeude, J.V.L., Goffau, M., Hilmi, M., Dam, B.V. (2006). A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. 1ª Edição em português. Fundação Agromisa e CTA. Wageningen. pp 104. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/346427617> Acesso em 05 de Julho de 2022.

Nyangen, I., Owino, W., Ambuko, J., Imathiu, S. (2019). Effect of selected pretreatments prior to drying on physical quality attributes of dried mango chips. *Jurnal of Food Scientist and Technologist*. India. pp. 3854-3863. Disponível em: <https://doi/10.1007/s13197-019-03857-9>. Acesso em 27 de Março de 2022.

Olorunda, A.O., Aworh, O.C., Onuoha, C.N. (1990). **Upgrading quality of dried tomato: effects of drying methods, conditions and pre-drying treatments.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol.52. p.447-454. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740520403>. Acesso em 5 de Outubro de 2022.

Pereira, I.E., Queiroz, A.J. M., Figueirêdo, R.M.F. (2006). Características físico-químicas do tomate em pó durante o armazenamento. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Vol.6.n.1. pp. 83-90. Disponível em:

<http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/armazenamentotomate-5181d0151c53f.pdf>. Acesso em 30 de Outubro de 2022.

Rosa Dias, A.M.S.M. (2017). Secagem solar com técnica para reduzir as perdas pós-colheitas dos pequenos produtores: Construção de um secador solar indirecto a partir de materiais reutilizados. Dissertação. Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Portugal. pp. 85. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/14842>. Acesso em 18 de Dezembro de 2020.

Silva, G.W.N., Sousa, B.A.A., Santos, E.V., Silva, M.B., Santos, K.O., Oliveira, M.S. (2018). Processamento do tomate (*lycopersicumexculentum*) seco com substituição do cloreto de sódio pelo cloreto de potássio: estudo de avaliação da desidratação osmótica seguida da secagem. Revista principia. Divulgação científica e tecnológica. João pessoa. pp. 35-45. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/1430/870>. Acesso em 15 de Maio de 2022.

Souza, A.G., Carvalho, J., Anami, J.M., Saraiva, F.R.S., (2018). Conservação de couve minimamente processado tratada com ácido ascórbico. Editor evidência. Joaçaba.. Vol.18. pp.147-160.

Souza, T.S.B. (2017). Avaliação de modelos matemáticos na cinética de secagem de resíduos de abacaxi, acerola, e Laranja. Monografia. Química Industrial. Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande-PB. pp. 30. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/15485>. Acesso em 27 de Março de 2022

Steven, M., Rick, C. (2000). The Tomato crop: A scientific basis of improvement. Chapman and Hall. New York. pp. 35-110.

Tavares, A.C.C., Aguilar, E.W.Z. (2020). Secagem solar de tomate Carmen: Análise da curva de secagem para diferentes padrões de corte. X Congresso Brasileiro e Engenharia de Produção (ConBRepro). Universidade Tecnológica Federal do Prana. Brasil. pp. 11. Disponível em: [https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09272020\\_230914\\_5f714f2a0cf3b.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09272020_230914_5f714f2a0cf3b.pdf) Acesso 28 de Fevereiro de 2021.

Toor, R.K., Savage, G. (2006). Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. FoodChemistry. Vol.94. Amsterdam. pp 90-97.

Tomás, L.F. (2014). Determinação e comparação dos parâmetros de qualidade de tomates frescos e tomates secos. Monografia. Universidade Católica de Moçambique, Faculdade de Engenharia. Moçambique, Chimoio. pp. 79. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/306018240>. Acesso em 22 de maio de 2022.

Tonon, R.V. (2006). Estudo da desidratação osmótica de tomate em solução ternária pela metodologia de superfície de resposta. Universidade Estadual de Campinas. Cinética e

tecnologia de Alimento. Vol.26.n.3. Campinas. pp. 715-723. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em 10 de Julho de 2021.

Tonsello, A., Veiga, A. (1955). Ensaio sobre desidratação de vegetais. *Bragantia*. Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. Vol.14,n.21. Campinas-São Paulo. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051955000100021>. Acesso em 18 de Dezembro de 2020.

Zewdie, B., Shonte, T.T., Woldestsadik, K (2022). Shelf life and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mil.) fruits as affected by neem leaf extract dipping and beeswax coating. *International Journal of Food Properties*. Vol.25. pp. 570-592. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2053709>. Acesso em 17 de Outubro de 2022.

## ANEXOS

- I- Resultado da análise instrumental da cor de tomate submetido a diferentes tratamentos e desidratados em diferentes estufas solares (Média  $\pm$  desvio padrão)

Parâmetro <i>L</i>			
Estufa	Pré-tratamentos		
	PT0	PT1	PT2
ES1	18.73 $\pm$ 0.63A <sup>a</sup>	21.78 $\pm$ 0.62B <sup>b</sup>	19.42 $\pm$ 2.19B <sup>a</sup>
ES2	18.50 $\pm$ 0.44A <sup>a</sup>	18.48 $\pm$ 1.10A <sup>a</sup>	18.53 $\pm$ 0.61A <sup>a</sup>
AL	18.73 $\pm$ 0.96A <sup>a</sup>	18.35 $\pm$ 0.45A <sup>a</sup>	18.10 $\pm$ 0.28A <sup>a</sup>

Parâmetro <i>a</i>			
Estufa	Pré-tratamentos		
	PT0	PT1	PT2
ES1	4.88 $\pm$ 0.50A <sup>b</sup>	7.15 $\pm$ 0.38B <sup>a</sup>	6.42 $\pm$ 2.33B <sup>a</sup>
ES2	4.95 $\pm$ 1.17A <sup>a</sup>	4.37 $\pm$ 0.35A <sup>a</sup>	4.87 $\pm$ 0.89A <sup>a</sup>
AL	5.17 $\pm$ 0.75A <sup>a</sup>	4.65 $\pm$ 0.00A <sup>a</sup>	4.95 $\pm$ 1.05A <sup>a</sup>

Parâmetro <i>b</i>			
Estufa	Pré-tratamentos		
	PT0	PT1	PT2
ES1	19.12 $\pm$ 1.53A <sup>a</sup>	20.28 $\pm$ 1.83A <sup>a</sup>	20.28 $\pm$ 1.83A <sup>a</sup>
ES2	19.87 $\pm$ 1.76A <sup>a</sup>	20.85 $\pm$ 1.35A <sup>a</sup>	19.93 $\pm$ 1.49A <sup>a</sup>
AL	20.30 $\pm$ 1.26A <sup>a</sup>	20.28 $\pm$ 1.83A <sup>a</sup>	21.32 $\pm$ 1.18A <sup>a</sup>

Diferentes letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha demonstram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p < 0.05$ ). ES – estufa plana; EI – estufa inclinada; AL – ar livre.

## II- Resultados da cinética de secagem

Tempo (min)	EP			EI			AL		
	massa	P.A	Teor de humidade (%)	massa	P.A	Teor de humidade (%)	massa	P.A	Teor de humidade (%)
0	200,06		92,72	200,39		92,72	213,71		92,72
8	183,87	8,09	91,91	184,89	7,73	92,265	191,74	10,28	89,72
16	176,07	11,99	88,01	174,51	12,91	87,085	181,8	14,93	85,07
24	167,87	16,09	83,91	164,29	18,01	81,985	170,23	20,35	79,65
32	159,9	20,07	79,93	154,34	22,98	77,020	159,5	25,37	74,63
62	152,9	23,57	76,43	144,85	27,72	72,284	148,98	30,29	69,71
92	127,93	36,05	63,95	113,78	43,22	56,779	116,4	45,53	54,47
152	103,95	48,04	51,96	87,71	56,23	43,770	86,93	59,32	40,68
212	70,47	64,78	35,22	53,18	73,46	26,538	48,43	77,34	22,66
272	43,41	78,30	21,70	32,19	83,94	16,064	26,12	87,78	12,22
332	29,17	85,42	14,58	27,6	86,23	13,773	18,17	91,50	8,50
392	22,27	88,87	11,13	18,26	90,89	9,112	16,19	92,42	7,58
1292	20,23	89,89	10,11	17,4	91,32	8,683	15,58	92,71	7,29
1412	14,94	92,53	7,47	14,8	92,61	7,386	15,55	92,72	7,28
1532	13,73	93,14	6,86	13,66	93,18	6,817	14,06	93,42	6,58
1652	12,95	93,53	6,47	13,2	93,41	6,587	13,51	93,68	6,32
1772	12,94	93,53	6,47	12,92	93,55	6,447	13,51	93,68	6,32

EP – estufa plana, EI – estufa inclinada, P.A – perda de água.