



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PROCESSAMENTO  
E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DO TOMATE EM PÓ**

**IVONETE EVANGELISTA PEREIRA**

**Campina Grande – Paraíba  
AGOSTO, 2005**

# **SECAGEM E ARMAZENAMENTO DO TOMATE EM PÓ**

**IVONETE EVANGELISTA PEREIRA**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento  
de Produtos Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz  
Prof<sup>ª</sup>. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

**Campina Grande – Paraíba**

**AGOSTO, 2005**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

P436s Pereira, Ivonete Evangelista  
2005 Secagem e armazenamento do tomate em pó / Ivonete Evangelista Pereira. —  
Campina Grande, 2005.  
107 f. il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de  
Campina Grande Centro de Ciências e Tecnologia.

Orientadores: Alexandre José de Melo Queiroz, Rossana Maria F. de  
Figueirêdo

1— Tomate 2— Secagem I— Título

CDU 635.64:66.047.65



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRADA

IVONETE EVANGELISTA PEREIRA


SECAGEM E ARMAZENAMENTO DO TOMATE EM PÓ

BANCA EXAMINADORA

PARECER

  
Dr. Alexandre José de M. Queiroz-Orientador

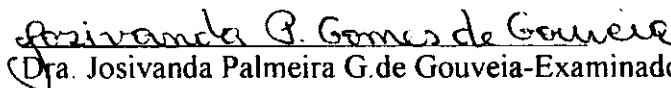
APROVADA

  
Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo-Orientadora

Aprovada

  
Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva-Examinador

Aprovado

  
Dra. Josivanda Palmeira G. de Gouveia-Examinadora

APROVADO

AGOSTO - 2005

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus, pelas graças recebidas.*

*A meus pais, João Evangelista Filho e Ana Pereira da Silva (in memorian) exemplo de dignidade, pelo amor, confiança e incentivo aos estudos.*

*A meus irmãos pelo apoio e amizade.*

*A meus sobrinhos, Danilo, Tássia, Victor, Sávio, Pedro, Vitória, João Victor e João Neto pela alegria e amor.*

*As cunhadas Eugenia, Marilene e Adélia pela amizade e confiança.*

*Aos meus orientadores, Dr. Alexandre José de Melo Queiroz e Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, pela orientação, atenção, paciência e apoio durante a realização deste trabalho.*

*À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de realização deste trabalho.*

*À coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.*

*À Capes, pela ajuda financeira durante a realização do trabalho.*

*Às senhoras Rivanilda e Aparecida, pela atenção e ajuda dada, durante o curso.*

*A Márcia e família pela amizade e dedicação.*

*A todos meus colegas do curso de pós-graduação.*

*As amigas Daniely, Rosângela, Kelly, Ticiane, e Fatinha pela companhia e amizade.*

*A Sckaymenn, Cessa e Luciana Marques pela valiosa ajuda na realização deste trabalho.*

*Enfim, aos que, de alguma forma, influenciaram nesta conquista.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	iii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	iv
<b>RESUMO</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	3
2.1. O tomate	3
2.2. Secagem	5
2.2.1. Período inicial	7
2.2.2. Período de secagem a taxa constante	7
2.2.2. Período de secagem a taxa decrescente	8
2.2.4. Cinética de secagem	9
2.2.5. Secagem de tomate	10
2.3. Atividade de água	12
2.3.1. Isotermas de adsorção de umidade	13
2.4. Aditivos	16
2.5. Embalagem	18
2.6. Cor	19
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	21
3.1. Matéria-prima	21
3.2. Caracterização físico-química da matéria-prima	21
3.2.1. Sólidos solúveis totais (°Brix)	21
3.2.2. pH	21
3.2.3. Umidade/Sólidos Totais	21
3.2.4. Ácido ascórbico	22
3.2.5. Acidez total titulável	22
3.2.6. Cinzas	22
3.2.7. Cinzas insolúveis em ácido clorídrico	22
3.2.8. Açúcares redutores	22
3.2.9. Extrato alcoólico	22
3.2.10. Cor	23
3.3. Processamento da matéria-prima	23

3.4. Secagem	24
3.4.1. Curvas de secagem	24
3.5. Armazenamento do tomate em pó	25
3.6. Isotermas de adsorção	26
3.6.1. Umidade de equilíbrio	27
3.6.2. Modelos matemáticos	27
3.7. Análise estatística	29
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>30</b>
4.1. Caracterização da polpa de tomate	30
4.2. Armazenamento do tomate em pó	31
4.2.1. Sólidos solúveis totais (°Brix)	31
4.2.2. pH	33
4.2.3. Umidade	34
4.2.5. Ácido ascórbico	35
4.2.6. Acidez total titulável	36
4.2.7. Cinzas	37
4.2.8. Cinzas insolúveis em ácido clorídrico	39
4.2.10. Açúcares redutores	40
4.2.11. Extrato alcoólico	42
4.2.11. Cor	43
4.2.11.1. Luminosidade (L*)	43
4.2.11.2. Intensidade de vermelho (+a*)	45
4.2.11.3. Intensidade de amarelo (+b*)	47
4.3. Curvas de secagem de tomate	49
4.4. Isotermas de adsorção de umidade	53
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>63</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> -	Curvas típicas de secagem	7
<b>Figura 3.1</b> -	Fluxograma do processamento dos tomates	23
<b>Figura 3.2</b> -	Esquema do secador	24
<b>Figura 4.1</b> -	Valores da luminosidade ( $L^*$ ) do tomate em pó, durante o armazenamento, ajustados pela equação linear e quadrática	45
<b>Figura 4.2</b> -	Valores de intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) do tomate em pó, durante o armazenamento, ajustados pela equação linear e quadrática	47
<b>Figura 4.3</b> -	Valores de intensidade de amarelo ( $+b^*$ ) do tomate em pó, durante o armazenamento, ajustados pela equação linear e quadrática	49
<b>Figura 4.4</b> -	Curvas de Curvas de secagem de tomate para temperaturas de 50, 60 e 70°C	50
<b>Figura 4.5</b> -	Curvas de secagem de tomate a 50°C, ajustadas pelo modelo de Henderson, Page e Wang & Singh	52
<b>Figura 4.6</b> -	Curvas de secagem de tomate a 60°C, ajustadas pelo modelo de Henderson, Page e Wang & Singh	52
<b>Figura 4.7</b> -	Curvas de secagem de tomate a 70°C, ajustadas pelo modelo de Henderson, Page e Wang & Singh	53
<b>Figura 4.8</b> -	Isotermas de adsorção do tomate em pó, ajuste pelo modelo de Halsey	59
<b>Figura 4.9</b> -	Isotermas de adsorção do tomate em pó, ajuste pelo modelo de GAB	60
<b>Figura 4.10</b> -	Isotermas de adsorção do tomate em pó, ajustadas pelo modelo de BET modificado	61
<b>Figura 4.11</b> -	Isotermas de adsorção do tomate em pó, ajuste pelo modelo de Oswin	62
<b>Figura 4.12</b> -	Isotermas de adsorção do tomate em pó, ajuste pelo modelo de Smith .	62



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> -	Composição química do tomate	4
<b>Tabela 3.2</b> -	Atividade de água das soluções saturadas de sais	26
<b>Tabela 4.1</b> -	Caracterização físico-química do tomate <i>in natura</i>	30
<b>Tabela 4.2</b> -	Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) do tomate em pó, durante o armazenamento	32
<b>Tabela 4.3</b> -	Valores médios do pH do tomate em pó, durante o armazenamento	33
<b>Tabela 4.4</b> -	Valores médios de umidade (%) do tomate em pó, durante o armazenamento	35
<b>Tabela 4.5</b> -	Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) do tomate em pó, durante o armazenamento	36
<b>Tabela 4.6</b> -	Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do tomate em pó, durante o armazenamento	37
<b>Tabela 4.7</b> -	Valores médios de cinzas (%) do tomate em pó, durante o armazenamento.	38
<b>Tabela 4.8</b> -	Valores médios de cinzas insolúveis em ácido clorídrico (%) do tomate em pó, durante o armazenamento	40
<b>Tabela 4.9</b> -	Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) do tomate em pó, durante o armazenamento	41
<b>Tabela 4.10</b> -	Valores médios de extrato alcoólico (%) do tomate em pó, durante o armazenamento	42
<b>Tabela 4.11</b> -	Valores médios da luminosidade (L*) do tomate em pó, durante o armazenamento	44
<b>Tabela 4.12</b> -	Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do tomate em pó, durante o armazenamento	46
<b>Tabela 4.13</b> -	Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do tomate em pó, durante o armazenamento	
<b>Tabela 4.14</b> -	Parâmetros dos modelos de Page, Wang & Singh e Henderson, e seus coeficientes de determinação (R <sup>2</sup> ), da cinética de secagem do tomate	48

- Tabela 4.15** - Valores experimentais da umidade de equilíbrio ( $U_{eq}$ ) do tomate em pó para as diferentes atividades de água ( $a_w$ ), nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C 54
- Tabela 4.16** - Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção do tomate em pó, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C 58



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

**Dissertação de mestrado:** Secagem e armazenamento do tomate em pó

**Autora:** Ivonete Evangelista Pereira

**Orientadores:** Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

## RESUMO

Estudou-se a desidratação de tomates nas temperaturas de 50, 60 e 70°C e a conservação do material seco sob condições de armazenamento. Para o armazenamento foram utilizadas as amostras secas à temperatura de 70°C, as quais foram trituradas para a transformação do material em pó. O tomate em pó foi dividido em dois lotes, sendo um constituído por amostras sem aditivo (controle) e o outro adicionado com o antiuementante fosfato tricálcico. Cada lote foi embalado em sacos de polietileno de baixa densidade, contendo 20g da amostra em cada embalagem, e armazenado por 60 dias, acompanhando-se, a cada dez dias, as características físico-químicas sólidos solúveis totais (°Brix), pH, umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, cinzas, cinzas insolúveis em ácido clorídrico, açúcares redutores, extrato alcoólico e os parâmetros de cor luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $+b^*$ ). Do tomate em pó também foram determinadas as isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C. Os resultados obtidos entre as determinações físico-químicas do tomate *in natura* e do tomate em pó demonstraram redução de umidade de 94,89 para 13,85%, com concentração dos sólidos solúveis totais, do ácido ascórbico, da acidez total titulável, das cinzas, dos açúcares redutores e do extrato alcoólico. Durante o armazenamento do tomate em pó não houve, para nenhum dos dois tratamentos, alteração no ácido ascórbico, acidez total titulável, cinzas, sólidos solúveis totais, pH e extrato alcoólico, mas ocorreu redução nos açúcares redutores em ambos os tratamentos. A umidade do tomate em pó aumentou com o tempo de armazenamento para o tratamento controle. A luminosidade diminuiu com o tempo de armazenamento em ambos os tratamentos; a intensidade de vermelho e a intensidade de amarelo diminuíram com o tempo para o tratamento controle, enquanto que para o tratamento com fosfato não houve alteração. O menor tempo de secagem dos tomates foi atingido na temperatura de 70°C. Os modelos de Page, Wang & Singh e Henderson se ajustaram bem as curvas experimentais de secagem, com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,94. Os modelos de Halsey, GAB e BET modificado se ajustaram bem às isotermas de adsorção de umidade do tomate em pó, apresentando  $R^2$  acima de 0,97% e desvio percentual médios (P) máximo de 5,19%.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum*, secador de bandejas, isotermas



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

**M. Sc. Thesis:** Drying and storage of the tomato powder

**Author:** Ivonete Evangelista Pereira

**Supervisors:** Alexandre José de Melo Queiroz

Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

## ABSTRACT

The drying of tomatoes in the temperatures of 50, 60 and 70°C and conservation of the dry material under storage conditions was studied. For storage, the samples dried at 70°C were triturated for transformation in tomato powder. The tomato powder was divided in two lots: without additive (control), and added with the tricalcium phosphate anti-humectant. Each lot was packaged in low density polyethylene bags with 20 g each and stored during 60 days. The physical-chemical characteristics soluble solids (°Brix), pH, moisture, ascorbic acid, titratable acidity, ash, insoluble ash in chloride acid, reducing sugars, alcoholic extract and the parameters of color brightness (L \*), redness (+a \*) and yellowness (+b\*) were determined each ten days. The moisture adsorption isotherms of tomato powder at 10, 20, 30 and 40°C were also determined. The results obtained of the physical-chemical determinations of tomato *in natura* and of the tomato powder demonstrated reduction of moisture of 94.89 to 13.85%, with increase of soluble solid, ascorbic acid, titratable acidity, ash, reducing sugars and alcoholic extract. During the storage of the tomato powder there was not, for none of the two treatments, alteration in the ascorbic acid, titratable acidity, ash, soluble solids, pH and alcoholic extract, but it occurred reduction in the reducing sugars in both treatments. The moisture of the tomato powder increased with the time of storage for the control. The brightness decreased with the time of storage in both treatments; the redness and the yellowness decreased with the time to the control, while for the treatment with tricalcium phosphate there was not alteration. The smallest time of drying of the tomatoes was reached at 70°C. Page models, Wang & Singh and Henderson were fitted the experimental curves of drying well, with determination coefficients ( $R^2$ ) above 0.94. The Halsey, GAB and modified BET models fitted well the moisture adsorption isotherms of the tomato powder, presenting  $R^2$  above 0.97% and mean relative deviation modulus (P) below 5.19%.

**Key words:** *Lycopersicon esculentum*, tray drier, isotherms, drying kinetic

## 1 - INTRODUÇÃO

A desidratação ou secagem, constitui um dos processos mais importantes de conservação de alimentos, por redução de sua atividade de água ( $a_w$ ). As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais se destacam: facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos a temperatura ambiente por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução de peso; economia de energia em virtude de não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (PARK et al., 2001b).

A secagem é a eliminação da água do material por meio da evaporação. Existem dois métodos de secagem: a natural, feita ao sol ou vento (método mais antigo), e a artificial, a qual necessita de fornecimento de energia, diferente da solar. De acordo com MURR (1992) a utilização de secagem artificial para produtos alimentícios e agrícolas, tem sido empregada somente nos dois últimos séculos.

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) é uma planta nativa da região Andina, parte ocidental da América do Sul, e da América Central (FILGUEIRA, 1982); trata-se de um produto de grande relevância nutricional e econômica.

No Brasil, a área cultivada com esta hortaliça foi de aproximadamente 65.589 ha, com produção em torno de 3.142.855 toneladas, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor seguido de Goiás e Minas Gerais (IBGE, 1999). Segundo VIEITES (1998) é um dos produtos hortícolas mais cultivados no País.

Como a maioria das hortaliças, o tomate é um produto altamente perecível, com perdas pós-colheita que variam entre 25 e 50% (BARRET, 1990); as perdas variam muito, conforme a região. A qualidade do fruto é muito importante, principalmente do ponto de vista comercial. A existência de normas de qualidade para os tomates, estabelecidas pelo Ministério da Agricultura permite aos produtores contar com um parâmetro para a seleção e classificação de seus produtos, possibilitando melhor comercialização.

A comercialização do tomate seco é feita sobretudo na forma de fatias imersas em óleos vegetais diversos; desta forma, o tomate é apropriado para o consumo direto, constituindo-se em um alimento pronto que, embora detenha um bom valor agregado, não se beneficia de algumas das maiores vantagens advindas do processo de secagem que consistem nas reduções de peso e volume das amostras úmidas, com seus conseqüentes reflexos sobre os custos de produção. A transformação do tomate em um pó seco resgata essas vantagens, possibilitando a oferta de um produto concentrado, adequado para a

utilização como elemento colorizante e flavorizante, inclusive utilizado em alimentos prontos pela indústria.

## **1.1 - Objetivo geral**

Secagem e armazenamento de tomate da cultivar SM 16.

### **1.1.1 - Objetivos específicos**

- Avaliar as características químicas dos tomates frescos.
- Desidratar os tomates em fatias, em secador de bandejas.
- Estudar a cinética de secagem das fatias de tomate, nas três temperaturas (50, 60 e 70°C).
- Produzir tomate em pó a partir das fatias secas, armazená-lo com e sem a adição de antiemectante (fosfato tricálcico), e acompanhar eventuais alterações ocorridas nas amostras, ao longo do armazenamento.
- Determinar as isotermas de adsorção do tomate em pó, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - O tomate

O tomateiro é uma dicotiledônea, da família *Solanaceae*, espécie *Lycopersicon esculentum* Mill. O fruto é do tipo baga carnosa e succulenta, com aspecto variável, conforme a cultivar. Em sua maioria, são vermelhos quando maduros, fazendo exceção as cultivares japonesas do tipo salada, com frutos rosados. O peso unitário médio do fruto varia de menos de 25g (tipo cereja) até mais de 300g, em cultivares de frutos grandes, tipo salada (FILGUEIRA, 2000).

No Brasil, nota-se que as regiões abastecedoras sofreram mudanças radicais (CAMARGO FILHO, 2001), uma vez que até há pouco tempo os maiores estados produtores eram, por ordem decrescente de importância: São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Goiás, Bahia e Rio de Janeiro, em que São Paulo, sozinho, contribuía com mais de 30% da produção brasileira, em 1995 (AGRIANUAL, 2003); no entanto, atualmente o estado de São Paulo teve sua participação reduzida para 22% do total nacional, ocupando agora o segundo lugar, seguido de Minas Gerais, Pernambuco, Bahia e Rio de Janeiro, dando-se destaque à ascensão do estado de Goiás, hoje o maior produtor, com 938 mil toneladas, cerca de 27% da produção nacional, em 2002 (AGRIANUAL, 2003).

O tomate é um fruto cuja atividade metabólica é normal após a colheita, com transformações químicas na sua composição que se processam em função da sua capacidade de absorção do oxigênio do ambiente promovendo, deste modo, um aumento na taxa respiratória que, para o caso do tomate, pode ocorrer tanto com o fruto preso à planta como após a colheita. Ante isto e com base nas características respiratórias antes do amadurecimento, o tomate é considerado um fruto climatérico (GAYET et al., 1995).

A polpa do tomate possui elevado conteúdo de umidade, cerca de 95%; é rico em vitaminas (A, C, E) e minerais como cálcio, potássio e fósforo (GOULD, 1991).

Na Tabela 2.1 se encontra a composição química dos principais constituintes do tomate.

**Tabela 2.1** - Composição química do tomate

Constituintes	Valor
Sólidos totais (%)	7,0-8,5
Sólidos insolúveis (%)	1,0
Sólidos solúveis (°Brix)	4,0-6,0
Açúcares totais (%)	2,0-3,0
Acidez (% ácido cítrico)	0,3-0,5
Proteína solúvel e aminoácidos (%)	0,8-1,2
Constituintes minerais (%)	0,3-0,6
Sal (cloreto de sódio) (%)	0,05-0,1

Fonte: GOULD (1991)

De acordo com FILGUEIRA (1982), o tomateiro apresenta quatro grupos e seus frutos têm características bem diferenciadas: grupo Santa Cruz, que é utilizado como tomate de mesa; grupo Roma ou piriforme, considerados tomates industriais, que permitem colheita mecânica e possuem maior produtividade, razão por que são reconhecidos como adequados para a fabricação de polpa concentrada ou extrato; grupo quadrado, que apresenta excelente cor externa e interna, além de ótimas características industriais; pertencem a este grupo variedades de tomate para indústria e para o consumo *in natura*; enfim, o grupo salada caqui ou maçã, em que os frutos considerados especialmente para consumo *in natura*.

A qualidade do tomate de mesa é determinada pela sua aparência, firmeza, aroma e valor nutricional mas o consumidor observa principalmente a aparência e o aroma (KADER et al., 1978); entretanto, HOBSON & DAVIES (1971), relataram que o aroma característico deste fruto (que se deve aos aldeídos, cetonas, álcoois, e compostos insaturados, dentre outros) é quase totalmente perdido antes de chegar ao consumidor. Para TIJSKENS & EVELO (1993) o consumidor é atraído sobremaneira, pelos atributos cor e firmeza.

O tomate destinado ao processamento deverá apresentar coloração vermelho-intenso, uniforme, sem pedúnculo, fisiologicamente desenvolvido, maduro, limpo, com textura da polpa firme e avermelhada, livre de danos mecânicos e fisiológicos e de doenças e pragas (SILVA et al., 1994).

A composição do tomate varia conforme a cultivar, as condições de cultivo ambientais e nutricionais da planta. De acordo com ALVARENGA. (2004), o fruto fresco



apresenta baixo poder calórico, baixo teor de matéria seca e altos índices de cálcio e vitamina C. Quanto à quantidade de sólidos solúveis, esses se acumulam no final da fase de maturação e são constituído de cerca de 65% de açúcares; portanto, uma colheita antes da maturidade fisiológica, acompanhada de uma baixa luminosidade e eliminação de folhas, vai ocasionar diminuição do teor de açúcares no fruto.

Os principais componentes carotenóides no tomate, são: o licopeno e o beta caroteno (GOULD, 1991). O licopeno presente nos tomates varia conforme o seu tipo e grau de amadurecimento. De acordo com GIOVANNUCCI (1999), o tomate vermelho maduro apresenta maior quantidade de licopeno que de betacaroteno, sendo responsável, portanto, pela cor vermelha, predominante. As cores das espécies de tomate diferem do amarelo para o vermelho alaranjado, dependendo da razão licopeno/betacaroteno da fruta, que também está associada à presença da enzima beta-ciclase, a qual participa da transformação do licopeno em beta caroteno.

## 2.2 - Secagem

De acordo com FIOREZE (2004) secagem é a remoção, voluntária ou não, total ou parcial, de uma fase líquida ou gasosa de qualquer material, envolvendo exclusivamente a transferência de calor e massa.

Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e, em seguida, a transferência de massa moverá o vapor formado. De acordo com LUIZ (1982) a secagem de alimentos é um processo simultâneo de transferência de calor e massa e é atingida por várias condições do ar. Essa transferência ocorre em um meio capilar-poroso, sempre que o meio contiver umidade e estiver sujeito a qualquer um ou a todos os gradientes de concentração: pressão parcial de vapor, temperatura, pressão total e campos de força externa.

A secagem é importante, pois prepara o produto para a armazenagem, visando preservar sua qualidade e valor nutricional, mesmo que, se não for bem realizada, poderá sofrer prejuízo na qualidade comercial do produto até antes da armazenagem ou apressar o processo de deterioração durante a armazenagem (MARTINS & MATA, 1984).

Os mecanismos de secagem não são independentes, pois influem na taxa e eficiência de secagem, como um conjunto de fatores e não isoladamente. Os parâmetros que influenciam a taxa de secagem com utilização de ar forçado são, principalmente a temperatura e a umidade relativa do ambiente, temperatura e fluxo do ar de secagem,

umidade inicial, final e de equilíbrio do produto, a temperatura e velocidade do produto no secador, bem como a variedade e a história do produto do plantio até a colheita (BAKKER-ARKEMA et al., 1978).

De acordo com PUZZI (1986), a água evaporada da parte exterior do produto cria um gradiente de concentração nas camadas internas, proporcionando um processo migratório de umidade do centro para a superfície do produto.

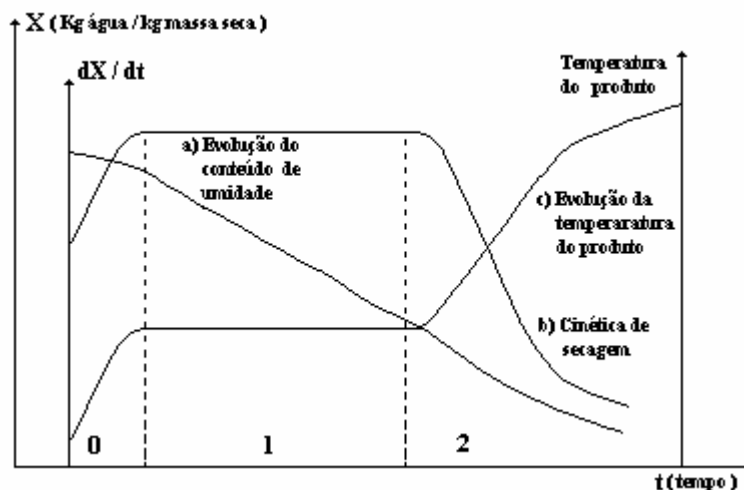
Os produtos variam entre si devido à sua forma, estrutura e dimensões, além das condições de secagem serem várias (DAUDIN, 1983). Para MELONI (2002), a desidratação do produto pode ser feita com base na vaporização, sublimação, remoção de água por solventes ou na adição de agentes osmóticos.

O fenômeno de secagem não pode ser generalizado para materiais biológicos, de vez que possuem características próprias e propriedades que podem sofrer importantes alterações durante a secagem (KEEY, 1972).

As características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem; entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto, é fenômeno comum a qualquer condição de secagem.

As considerações sobre como a água é conduzida do interior do sólido à superfície, fundamentam as teorias de secagem (BROD et al., 1999). Os mecanismos desse transporte mais importantes, são: difusão líquida, difusão de vapor e fluxo de líquido e de vapor (NEVES, 1982).

A evolução dessas transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação, faz com que esta seja dividida em três períodos, representados na Figura 2.1: no período inicial, período de taxa constante e no período de taxa de secagem decrescente (PRADO et al., 2000). A curva (a) é a curva obtida pesando-se o produto durante a secagem em determinada condição de secagem; a curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto, variação da umidade do produto por tempo,  $dx/dt$  em relação à evolução do tempo e a curva (c) indica a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto em relação à evolução do tempo) (PARK et al., 2001).



**Figura 2.1** - Curvas típicas de secagem (PARK, 1991)

### 2.2.1 - Período inicial

Geralmente, no período inicial o produto é mais frio que o ar e a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto é baixa e, por conseqüência, a transferência de massa e a velocidade de secagem também são pequenas. O calor, chegando em excesso, acarreta elevação da temperatura do produto e se dá aumento de pressão e da velocidade de secagem. Este fenômeno continua até que a transferência de calor compense exatamente a transferência de massa. Se a temperatura do ar for inferior à do produto, esta última diminuirá, até atingir o mesmo estado de equilíbrio. A duração deste período é insignificante em relação ao período total de secagem (PARK, 1991).

### 2.2.2 - Período de secagem a taxa constante

A taxa de secagem neste período pode ser determinada através da equação de transferência de massa ou equação de transferência de calor. Durante este tempo, a quantidade de água disponível no interior do produto é bastante elevada, caso em que a água na superfície evapora como água livre, sendo a pressão de vapor de água na superfície constante e, igual à pressão de vapor da água pura à temperatura do produto. A temperatura do produto é, neste período, constante e igual à temperatura de bulbo úmido do ar (BROD et al., 1999).

Para alimentos, como um todo, o período de taxa de secagem constante pode ser analisado quando o potencial de secagem do ar é muito baixo ou a umidade do produto é muito alta (CHIRIFE, 1982).

A velocidade de secagem durante o período de taxa constante está ligada a três fatores: coeficientes de transferência de energia e massa; área da superfície onde ocorre a troca de energia e de massa e as diferenças entre as temperaturas (ou as pressões de vapor) do ar que envolve o produto e a superfície desse produto. O processo de funcionamento interno de migração de água não influencia a velocidade de secagem durante este período (FORTES & OKOS, 1981).

### **2.2.3 - Período de secagem a taxa decrescente**

De acordo com CHIRIFE (1983) os mecanismos básicos de transporte no período de taxa decrescente, são: difusão líquida, escoamento capilar e difusão de vapor, que podem ocorrer ao mesmo tempo. Na segunda etapa deste período, em que a umidade de equilíbrio está abaixo da saturação, a difusão da fase vapor é, provavelmente, o mecanismo dominante.

Segundo FORTES & OKOS (1980), para a maioria dos materiais biológicos este período pode ser dividido em dois regimes, sendo que, em um, a secagem ocorre em uma zona de superfície insaturada, isto é, não existe seqüência de água em toda a superfície de evaporação. A superfície diminui; logo, a taxa total de evaporação da superfície decresce, sendo denominada superfície insaturada; já no segundo regime a região de vaporização se encontra no interior do material e a razão de secagem é controlada pelo movimento interno de água, fase esta pouco influenciada pelas condições ambientais; é conhecida por zona de controle interno.

Neste período, e a partir do momento em que a água começa a ser deficiente na superfície, a velocidade de secagem diminui e, como a troca de calor não é mais compensada, a temperatura do produto aumenta. Durante todo este período o fator limitante é a migração interna da água, visto que, no final deste período, o produto estará em equilíbrio com o ar e a velocidade de secagem será nula (BROD et al., 1999).

Conforme RODRIGUES et al. (2002) o período de secagem a taxa decrescente, quase sempre é o único observado na secagem de produtos agrícolas.

### 2.2.3 - Cinética de secagem

A complexidade dos fenômenos envolvida no processo durante a secagem, leva os pesquisadores a proporem numerosas teorias e múltiplas fórmulas empíricas para predizer a taxa de secagem (BROD et al., 1999).

Predizer teoricamente a taxa de secagem decrescente, é mais complexo que a taxa constante, visto que devem ser levados em conta não somente os mecanismos externos de transferência de calor e massa mas, também, os internos do produto (BROOKER et al., 1974).

O período de taxa constante é raramente observado na secagem de materiais biológicos (NOGUEIRA, 1991).

Segundo AZOUBEL & MURR (2000) no caso de produtos com elevado teor de umidade inicial, como as frutas, os modelos de secagem baseados na equação de difusão líquida apresentam, em geral, bons resultados.

Na cinética de secagem de frutas a temperatura do ar é o parâmetro de maior influência na taxa de secagem (ALSINA et al., 1997; PRADO et al., 2000), e a velocidade do ar de secagem exerce pequeno efeito sobre as curvas de secagem.

Na literatura existem vários modelos matemáticos os quais são utilizados para estimar as curvas de secagem de produtos agrícolas e/ou alimentícios.

O modelo de Henderson (Equação 2.1) é uma das equações empíricas mais utilizadas para ajuste de dados experimentais de umidade de equilíbrio, principalmente dos grãos, em função da temperatura e da umidade relativa, para faixas mais amplas de temperatura e umidade relativa (PEREIRA & QUEIROZ, 1987; BROOKER et al., 1992). De acordo com CHRIST (1996) modificações empíricas introduzindo um terceiro parâmetro, “C”, melhoraram substancialmente esta equação, tornando-a aplicável em faixas mais amplas de temperaturas e umidade relativa.

#### Henderson

$$RU = Ae^{-Bt} + Ce^{-Dt} \quad (2.1)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

A, B, C, D - constantes do modelo

t - tempo (min)

O modelo empírico de Page (Equação 2.2) representa, de forma satisfatória, os dados de secagem de alimentos e é muito utilizado para descrever o comportamento de secagem de uma ampla variedade de materiais biológicos (TAN et al., 2001).

### Page

$$RU = e^{-Kt^n} \quad (2.2)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

K, n - constantes do modelo

t - tempo (min)

O modelo de Wang & Singh (Equação 2.3) tem sido utilizado com sucesso no ajuste de curvas de secagem de camada fina de produtos agrícolas. DOYMAZ (2005) utilizou este modelo no ajuste de curvas de secagem solar do figo, obtendo coeficiente de determinação de 0,9512. JAIN & PATHARE (2004) utilizaram no ajuste da curva de secagem de cebola ( $R^2 = 0,8936$ ) desidratadas por infravermelho a 40°C e MENGES & ERTEKIN (2005) no ajuste das curvas de secagem de maçã.

### Wang & Singh

$$RU = 1 + At + Bt^2 \quad (2.3)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

A, B - constantes do modelo

t - tempo (min)

#### 2.2.3 – Secagem de tomate

O tomate, por ser uma hortaliça altamente perecível e com ótima compatibilidade ao processo de desidratação, vem sendo apontado como uma das principais alternativas para reduzir as perdas e agregar valor à matéria-prima (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2003).

O tomate seco apresenta-se como alternativa para o aproveitamento do excedente da produção e comercialização *in natura*, além de estar disponibilizando, ao consumidor, um produto sensorialmente diferenciado e que, por ser menos perecível, pode ser comercializado em qualquer período do ano (NACHTIGALL et al., 2000).

Durante a secagem de qualquer alimento, incluindo-se o tomate, deve-se atentar para a manutenção da qualidade do produto, como o sabor, a textura, o valor nutritivo e, em especial, para a cor, que é a característica de maior apelo ao consumidor (ROMERO-PEÑA & KIECKBUSCH, 2003).

Tomates inteiros ou sua polpa, podem ser desidratados pelo processo de secagem por camada de espuma, liofilização, spray dryer e a vácuo. Geralmente, tomates secos ao sol apresentam cor escura e baixa taxa de reidratação (GUPTA & NATH, 1984; TRIPATHI & NATH, 1989).

HAWLADER et al. (1991) estudaram as características de fatias de tomates secos em secador de bandeja, utilizando recirculação do ar de secagem sob condições controladas de temperatura e de fluxo de ar. Esses autores constataram que temperaturas elevadas e velocidade do fluxo de ar alta, aumentam a taxa de secagem.

ROMERO (1999) avaliou a influência da temperatura do ar de secagem nas taxas de secagem de fatias de tomate e na qualidade do produto final. Verificou-se que, para temperaturas de 80°C, as fatias começavam a apresentar escurecimento após 70 min de secagem e, ao aumentar a temperatura para 120°C, notou-se escurecimento em 20 min. As amostras que apresentaram melhor qualidade visual (cor), foram as fatias secas usando-se a temperatura de 60°C.

BRASIL et al. (2004) avaliaram a secagem de tomates em uma chaminé solar, verificando sua viabilidade como secador solar de alimentos e concluíram também que o tempo de secagem dos tomates com o uso da chaminé solar foi menor quando comparado com a secagem ao sol, para as mesmas condições.

De acordo com ROMERO et al. (1997) é aconselhável que a secagem do tomate seja realizada a temperaturas inferiores a 65°C para preservar a cor e o sabor, o que torna o processo demorado, exigindo um tempo superior a 20 horas para atingir 4% de umidade final.

### 2.3 - Atividade de água

A água é o constituinte presente em maior concentração em alimentos frescos; sua influência na palatabilidade, digestibilidade, estrutura física e manuseio do material alimentício, é considerável. Praticamente, todos os processos deteriorativos que ocorrem com os alimentos, são influenciados por sua concentração e mobilidade. A intensidade e a taxa desta deterioração podem ser caracterizadas pela atividade de água (WOLF et al., 1985).

Para MOHSENIN (1986) o teor de água livre é expresso pela atividade de água ( $a_w$ ) que é dada pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento e a pressão de vapor de água pura, a mesma temperatura. A atividade de água também pode ser entendida como a umidade relativa em equilíbrio com o produto na temperatura considerada.

As aplicações da atividade de água são muitas e podem ser usadas sempre, para melhorar a qualidade de um produto alimentício, facilitando e uniformizando sua fabricação. Ainda existem muitas áreas em que há possibilidades de desenvolvimento de correlações entre as diversas propriedades dos alimentos e a  $a_w$  (DITCHFIELD, 2000).

A afinidade entre a água e os outros componentes de um produto define sua higroscopicidade, que é muito marcante nos produtos e se torna uma característica fundamental a influenciar os processos de manuseio, estocagem e consumo de materiais biológicos (TEIXEIRA NETO & QUAST, 1993).

A atividade de água dos produtos alimentícios é fator significativo nos estudos dos processos de secagem, armazenamento e embalagem de alimentos. De acordo com LABUZA (1977) a atividade de água avalia, com precisão, o grau de ligação da água presente no alimento e, conseqüentemente, sua disponibilidade para agir como solvente e participar das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas.

É de suma importância o conhecimento de atividade de água de um alimento fresco ou processado, visto que permite que se conheçam os seus principais constituintes e suas proporções relativas com respeito à água contida nesses alimentos (CHIRIFE, 1987).

O estudo da atividade de água pode ser feito através de isotermas, que consistem em curvas que descrevem a relação entre a umidade dos alimentos e a atividade de água para temperatura e pressão constantes (IGLESIAS & CHIRIFE, 1982).

As isotermas podem ser de adsorção e dessorção, dependendo se o processo ocorrido foi ganho ou perda de umidade.



### 2.3.1 - Isotermas de adsorção de umidade

As isotermas de adsorção de umidade são representações gráficas da umidade de equilíbrio, em função da atividade de água a temperatura constante e são chamadas curvas de umidade de equilíbrio ou isotermas de adsorção de água (CHEN & CLAYTON, 1971). Para GÓIS (1981), as isotermas de adsorção de umidade descrevem a quantidade de água adsorvida por um produto, em dada temperatura, em função da atividade de água ou da umidade relativa.

A obtenção dos dados experimentais com a finalidade de se determinar as curvas de umidade de equilíbrio, é feita, normalmente, por dois métodos: pelo o estático e o dinâmico. No estático, a umidade de equilíbrio entre o produto e a atmosfera circundante é atingida sem movimentação do ar ou do produto; no método dinâmico, o ar ou produto é movimentado até que o equilíbrio seja atingido (BROOKER et al., 1992).

Na determinação das isotermas utilizando-se o método gravimétrico estático geralmente se utilizam soluções saturadas de sais ou soluções de ácido sulfúrico para proporcionar diferentes umidades relativas. KIRANOUDIS et al. (1993) utilizaram o método gravimétrico para determinação das isotermas de umidade de equilíbrio do tomate, batata, cenoura, pimentão e cebola; já TEIXEIRA NETO & QUAST (1977) usaram este mesmo método para determinação das isotermas de adsorção de quarenta tipos de alimentos, dentre eles: açúcar, castanha de caju, café, mate, guaraná, cacau em pó, coco ralado, produtos de banana, produtos cárneos salgados e outros.

A importância da construção de isotermas de adsorção de umidade se encontra na utilização de modelos matemáticos para resolver numerosos problemas de processamento e estocagem de alimentos e produtos alimentícios, entre os quais: predição do tempo de secagem, da vida de prateleira em determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto e, ainda, a caracterização de um produto no equilíbrio, quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água diferentes (ROCKLAND, 1957).

Tem-se realizado várias pesquisas para a obtenção de equações que expressem a atividade de água do produto, em função da temperatura e da umidade relativa do ar (FARIAS et al., 2002; LEITE et al., 2002; SILVA et al., 2002).

Determinado modelo de isoterma pode ser considerado mais adequado que outro, principalmente quando descreve, com maior precisão, o fenômeno de adsorção para uma ampla faixa de atividade de água (IGLESIAS & CHIRIFE, 1983).

Um dos modelos mais usados é o de GAB (Guggenheim-Anderson-De Boer) (Equação 2.4) que, segundo SILVA et al. (2001) este modelo de três parâmetros é uma extensão do modelo de BET.

LOMAURO et al. (1985) verificaram que o modelo de GAB pode representar, com grande precisão, mais que 50% das isotermas de frutas, vegetais e carnes, quando comparado com equações de dois parâmetros.

$$U_{eq} = \frac{X_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \quad (2.4)$$

em que:

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

$a_w$  - atividade de água

$X_m$  - umidade na monocamada molecular (% base seca)

$C$  e  $K$  - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto

O modelo de BET modificado (Equação 2.5) é uma modificação simples do modelo de BET Esta equação de sorção contém três parâmetros ( $C$ ,  $X_m$  e  $n$ ), os quais têm sentido físico. Esta modificação do modelo de BET propõe que o raio dos capilares define o limite máximo do número de camadas de água que podem ser construídas dentro do capilar (CHIRIFE & IGLESIAS, 1978).

$$U_{eq} = \frac{X_m C a_w}{1 - a_w} \left[ \frac{1 - (n+1)a_w^n + n a_w^{(n+1)}}{1 - (1-C)a_w - C a_w^{(n+1)}} \right] \quad (2.5)$$

em que:

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

$a_w$  - atividade de água

$X_m$  - umidade na monocamada molecular (% base seca)

$C$  - constante relacionada ao calor de sorção

$n$  - número de camadas

HALSEY (1985) desenvolveu um modelo matemático (Equação 2.6) que considera a condensação das multicamadas a uma distância relativamente grande da superfície, assumindo que a magnitude do parâmetro **b** caracteriza o tipo de interação entre o vapor e o sólido pois, se **b** é grande, a atração entre o sólido e o vapor é muito específica e não se estende para muito longe da superfície; se, porém, **b** é pequeno, as forças de atração predominantes são de Van der Waals e capazes de agir a grandes distâncias da superfície.

$$a_w = \exp\left(\frac{-a^n}{U_{eq}^b}\right) \quad (2.6)$$

em que:

$a_w$  - atividade de água

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

a e b - constantes que dependem da temperatura e da natureza do produto

O modelo de Oswin é empírico (Equação 2.7); baseia-se na expressão matemática para curvas de formato sigmoidal, e se ajusta bem entre  $0,0 < a_w < 1,0$ . Com apenas duas constantes é de fácil linearização, apresentando vantagem sobre os modelos cinéticos de BET e GAB (CHINNAN & BEAUCHAT, 1985). De acordo com LOMAURO (1985) este modelo ajusta cerca de 57% das isotermas de alimentos. Esta equação foi usada por BOQUET et al. (1978) para trinta e nove produtos e é adequada para alimentos com alto conteúdo de amido, além de considerada uma das mais versáteis equações de dois parâmetros testados.

$$U_{eq} = a \left( \frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (2.7)$$

em que:

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio

$a_w$  - atividade de água

a e b - parâmetros de ajuste do modelo

O modelo de Smith (Equação 2.8) é um modelo com dois parâmetros, o qual foi desenvolvido para ajustar isotermas de sorção de vários biopolímeros (CHIRIFE & IGLESIAS, 1978).

$$U_{e_q} = M_a - M_b \ln(1 - a_w) \quad (2.8)$$

em que:

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio

$a_w$  - atividade de água

$M_a$  e  $M_b$  - parâmetros de ajuste do modelo

## 2.4 - Aditivos

EVANGELISTA (1992) relatou que os aditivos são definidos, segundo a FAO, como “substâncias não nutritivas, com a finalidade de melhorar a aparência, sabor, textura e tempo de armazenamento”; a FAO esclarece, entretanto, que “em certos casos, as substâncias químicas incluídas para melhorar esta qualidade do produto poderão elevar a sua capacidade nutritiva”.

De acordo com BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998) o comitê “Food Protection Committee” da “National Academy of Sciences” dos Estados Unidos considera aditivos como sendo substâncias ou misturas de substâncias, que não o produto alimentício em si, presente nos alimentos, como resultado dos meios de produção, processamento, acondicionamento e armazenamento.

No Brasil, os aditivos são classificados em 11 categorias: acidulantes, antiespumíferos, antioxidantes, antiemectantes, aromatizantes, conservadores, corantes, edulcorantes, espessantes, estabilizantes e umectantes.

Vários aditivos químicos podem ser liberados a partir de uma embalagem, com a finalidade de aumentar a vida-de-prateleira do produto. A maior parte dos compostos assim liberados são os conservantes (especialmente ácidos orgânicos ou peróxidos). Tais compostos, capazes de prevenir o crescimento de microrganismos deterioradores e patogênicos, podem ser liberados controladamente sobre a superfície de um alimento, através de difusão e evaporação, a partir do filme ou através de reação química ou enzimática (LABUZA & BREENE, 1989). A liberação de conservantes químicos pode ser

de grande utilidade; por exemplo, no caso de frutas, às quais a pasteurização é contraindicada, pois pode conferir sabor cozido, indesejável; já os filmes comestíveis impregnados com conservantes, podem ser utilizados para reduzir o crescimento microbiano superficial (LABUZA, 1996).

Segundo ARAÚJO (1995), tanto o controle do crescimento quanto o desenvolvimento de microrganismos em alimentos por meio de uso de conservantes químicos estão relacionados com o pH do meio. A forma não-dissociada da molécula é que confere a característica antimicrobiológica aos conservantes químicos. A concentração da forma não-dissociada, aumenta com o aumento da acidez do alimento, garantindo maior eficiência no controle de microrganismos.

Além dos conservantes, outros agentes químicos têm sido incorporados às embalagens para prolongar a vida-de-prateleira dos alimentos; por exemplo os antioxidantes usados em alguns cereais (LABUZA & BREENE, 1989). Os antioxidantes previnem a oxidação em óleos e gorduras, quando em contato com o ar. Antes do uso de antioxidantes, a rancidez era um grande problema para a indústria alimentar. Este aditivo é normalmente acrescido ao alimento, para aumentar o seu tempo de vida útil como, por exemplo: em batatas fritas e pastéis (CALIL & AGUIAR, 1999).

Os antiemectantes são substâncias capazes de reduzir as características higroscópicas dos alimentos. Essas substâncias são mais utilizadas em sal de mesa, temperos e aromatizantes em pó. Os permitidos dentro desta categoria, são: carbonato de cálcio, carbonato de magnésio, fosfato tricálcico, citrato de ferro amoniacal, silicato de sódio, ferrocianeto de sódio, silicato de alumínio e sódio e dióxido de silício.

Conforme BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998) os fosfatos são sais que, apesar de altamente insolúveis, podem ser utilizados como antiemectantes sob a forma de pó. O sal de cálcio do ácido fosfórico se denomina, quando totalmente neutralizado, fosfato tricálcico. É altamente insolúvel e de composição variável, além de ser usado como antiemectante em sal de cozinha e em misturas de flavorizantes dietéticos.

O fosfato tricálcico tem as funções de agente melhorador, agente de firmeza, sal emulsificante, sequestrante, fermento em alimentos, e agente de crescimento presente em fermentos em pó, além de nenhum efeito adverso ser conhecido (CALIL & AGUIAR, 1999).

## 2.5 - Embalagem

As embalagens têm a finalidade de conter, proteger e prolongar a vida pós-colheita dos produtos hortícolas, procurando conservar-lhes as características de qualidade, até chegar às mãos do consumidor. As operações de embalagem não melhoram a qualidade do produto; portanto, apenas os melhores devem ser embalados. A qualidade será mantida quando as boas condições de embalagem forem associadas a boas condições de transporte e armazenamento (HONÓRIO, 1995). Segundo BANZATO & MOURA (1997), a embalagem foi criada para facilitar o transporte.

Em produtos alimentícios armazenados, o tipo de embalagem usado influencia as reações metabólicas, diminuindo o seu ritmo por meio da modificação do microclima criado em seu interior constituindo-se em uma barreira que impede ou dificulta o contato entre o ambiente externo e o produto (GARCIA et al., 1989).

EVANGELISTA (1992), relatou que produtos submetidos a secagem, embora se beneficiem do retardo no crescimento de microrganismos e do aumento no tempo de conservação necessitam, nas fases de transporte e armazenamento, de embalagem adequada, que mantenham as características do produto obtidas na secagem.

Dentre os plásticos mais utilizados e de menor preço em todo o mundo, o polietileno é dos mais versáteis, apresentando resistência e flexibilidade, que o tornam aplicável a um elevado número de opções de embalagem (CABRAL et al., 1980).

Os polietilenos são inertes, face à maioria dos produtos químicos comuns, devido à sua natureza parafínica, seu alto peso molecular e sua estrutura parcialmente cristalina. Em temperaturas abaixo de 60°C, são parcialmente solúveis em todos os solventes (NEVES, 1999).

Segundo BILLMEYER (1984), o primeiro polímero comercial do monômetro etileno foi o polietileno ramificado, comumente designado polietileno de baixa densidade ou material de alta pressão; sua síntese é feita pela polimerização em massa do etileno, a altos valores de temperatura e pressão, na presença de traços de oxigênio.

O polietileno de baixa densidade (PEBD) apresenta combinação única de propriedades: tenacidade, alta resistência ao impacto, alta flexibilidade, boa processabilidade, estabilidade e propriedades elétricas notáveis. Apesar de altamente resistente a água e a algumas soluções aquosas, inclusive a altas temperaturas, o PEBD é atacado lentamente por agentes oxidantes; além disso, solventes alifáticos, aromáticos e

clorados, causam inchamento, a temperatura ambiente. O PEBD é pouco solúvel em solventes polares como álcoois, ésteres e cetonas (DOAK, 1986).

A qualidade de produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, devido a várias reações. Esses produtos apresentam, quando embalados, maior período de vida de prateleira se protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de umidade, de modo a não ocorrer o empedramento ou aglomeração (ALVES, 2001). Para CABRAL et al. (1983) há casos em que a embalagem deverá impedir a passagem de oxigênio e luz, evitando a ramificação de produtos com alto teor de gordura.

## 2.6 - Cor

A cor é um parâmetro importante em alimentos visto que, antes da tomada de decisão de ingerir-los, o consumidor observa o seu aspecto visual, especialmente a cor (ARGANDONA, 1999). A cor sugere as mudanças de sabor, textura e aroma, decorrentes do processo de maturação (ZAMBON, 1984; SILVA & GIORDANO, 2000).

Os produtos com coloração forte são os preferidos, embora na maioria dos casos a cor não se correlacione com o valor nutritivo e nem com a qualidade comestível do produto (CHITARRA & ALVES, 2001).

De acordo com KAYS (1991) a coloração é o principal parâmetro de qualidade de vez que os consumidores já desenvolveram uma relação positiva entre a cor e a qualidade máxima do produto. Por outro lado, a modificação da coloração do tomate é devida à clorofila e aos carotenóides. A cor verde dos frutos imaturos é atribuída à clorofila. Ao máximo tamanho segue imediata mudança de cor, início da maturação, refletindo a degradação da clorofila que permanece, embora em pequena quantidade, nos tecidos do fruto (MEDINA & MEDINA, 1981; ZAMBON, 1984; ZAMBRANO et al., 1995).

Os principais componentes carotenóides no tomate são o licopeno e o betacaroteno (GOULD, 1991). O licopeno é responsável pela cor vermelha do tomate (WONG, 1995). De acordo com PADULA (1983) os carotenóides perdem cor, passando do vermelho ao incolor, devido às reações oxidativas dependentes da temperatura de estocagem, disponibilidade de oxigênio, exposição à luz, atividade de água e acidez do produto. Em tomates, há intensa degradação de clorofila durante o armazenamento, com síntese gradual de licopeno (CHITARRA & CHITARRA, 1990). A cor vermelha dos frutos é considerada o acúmulo de licopeno.

A mudança de cor do tomate é considerada índice de colheita (ZAMBRANO et al., 1995). Desde que o fruto tenha completado seu desenvolvimento fisiológico (de vez), poderá ser colhido, mesmo que se apresente com coloração verde claro; o fruto fisiologicamente desenvolvido, verde maduro, ideal para a colheita, é identificado pela estrutura interna.

A cor é um atributo da luz que faz uma sensação corresponde univocamente a cada distribuição espectral. A sensação está condicionada à intensidade e duração do estímulo, estado de adaptação do observador, área da retina afetada e contraste luminoso e cromático com que se percebe (LOZANO, 1977).

A secagem de tomate através de temperaturas altas e de longo tempo, causa danos à cor, oxidando o fruto. Pesquisas têm sido realizadas utilizando-se, antes da secagem, a desidratação osmótica, como pré-tratamento na obtenção de produtos desidratados de melhor qualidade, protegendo e reduzindo a degradação térmica de cor e sabor. BARONI et al. (2003) relataram que a desidratação osmótica é bastante utilizada, com a finalidade de diminuir a degradação da cor durante a secagem do tomate.

Com o propósito de melhorar a determinação da cor, começou-se a se utilizar outros métodos, como o espaço CIE 1964 e, posteriormente, o espaço CIE 1976, que é, hoje em dia, de grande aceitação. Este sistema se baseia na teoria da percepção de cores opostas e estabelece que uma cor não pode ser verde e vermelha ou amarela e azul ao mesmo tempo (VALDÉS, 1997); estabelece-se, desta forma, um sistema tridimensional, o espaço CIELAB, constituído de três coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  que indicam, respectivamente, a luminosidade, os tons de vermelho ( $+a^*$ ) e verde ( $-a^*$ ), e os tons amarelo ( $+b^*$ ) e azul ( $-b^*$ ). Todas as cores são representadas dentro de um sólido cujo eixo central,  $L^*$ , varia entre 0 e 100% (completamente opaco a completamente transparente) (BAKKER et al., 1986). As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  formam um plano horizontal dentro deste sólido.



### **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

A etapa experimental deste trabalho foi conduzida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

#### **3.1 - Matéria-prima**

Utilizaram-se frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cultivar SM 16, adquiridos junto aos pontos de comercialização da CEASA, em Campina Grande, PB.

#### **3.2 - Caracterização físico-química da matéria-prima**

##### **3.2.1 - Sólidos solúveis totais (°Brix)**

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado por leitura direta em refratômetro de bancada, com correção de temperatura realizada através de tabela proposta pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

##### **3.2.2 - pH**

A determinação do pH se deu pelo método potenciométrico, calibrando-se o peagômetro com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

##### **3.2.3 - Umidade/ Sólidos Totais**

Foram determinados de acordo com as normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados expressos em percentagem.

### **3.2.4 - Ácido ascórbico**

Para esta determinação utilizou-se a metodologia da AOAC (1997) modificada por BENASSI & ANTUNES (1998) a qual utiliza, como solução extratora, o ácido oxálico.

### **3.2.5 - Acidez total titulável**

A acidez total titulável foi determinada pelo método acidimétrico, do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

### **3.2.6 - Cinzas**

Determinadas pelo método da AOAC (1997), cujos resultados foram expressos em percentagem (%).

### **3.2.7 - Cinzas insolúveis em ácido clorídrico**

Foram determinadas de acordo com as normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e seus resultados expressos em percentagem (%).

### **3.2.8 - Açúcares redutores**

Determinados de acordo com o método proposto pela AOAC (1997); seus resultados foram expressos em percentagem de glicose (p/p).

### **3.2.9 - Extrato alcoólico**

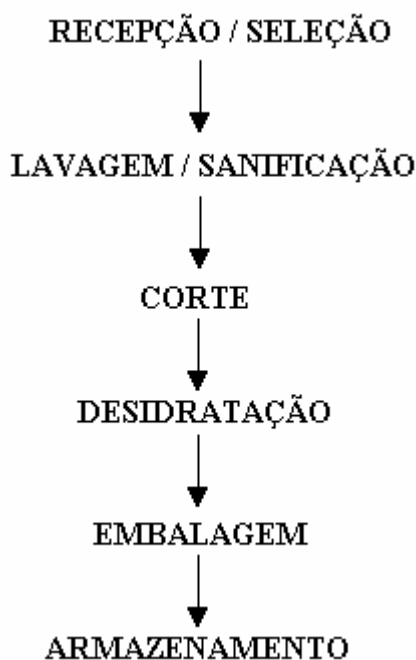
Determinou-se o extrato alcoólico obedecendo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados foram expressos em percentagem (%).

### 3.2.10 - Cor

A cor foi determinada através de um colorímetro Minolta, modelo CR 10, obtendo-se os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ;  $L$  representa a luminosidade,  $a^*$  define a transição da cor verde ( $-a^*$ ) para a cor vermelha ( $+a^*$ ) e  $b^*$  representa a transição da cor azul ( $-b^*$ ) para a cor amarela ( $+b^*$ ). As medidas foram realizadas com três repetições, obtendo-se os valores médios de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

### 3.3 - Processamento da matéria-prima

As etapas do processamento dos frutos de tomate estão representados no fluxograma na Figura 3.1.



**Figura 3.1** - Fluxograma do processamento dos tomates

A seleção dos frutos foi feita manualmente, com o objetivo de separar os tomates maduros dos frutos deteriorados e verdes; em seguida, os frutos foram lavados para se lhes retirar as impurezas; logo após, foram imersos em solução de hipoclorito de sódio, com concentração de 50ppm, durante 15 minutos para, em seguida, serem enxaguados com água potável, postos para escorrer o excesso de água (secar) em temperatura ambiente e

cortados ao meio, no sentido transversal, com faca de aço inoxidável, retirando-se as sementes e, finalmente, encaminhados para a etapa de secagem.

### 3.4 - Secagem

Realizou-se a secagem dos tomates partidos ao meio, com secador de bandejas, construído por FREITAS et al. (2004), com dimensões de 40cm de largura x 40cm de profundidade x 114cm de altura (Figura 3.1); a estrutura interna era formada de seis bandejas, sendo três para colocação de sílica gel, com o objetivo de reduzir a umidade da câmara de secagem, e outras três para colocação das amostras. O secador foi aquecido com lâmpadas de 100W, instaladas entre as bandejas, em conjunto de quatro lâmpadas por bandeja, nas quatro faces internas do secador, no qual as luminosidades foram selecionadas por dimmers, de modo que permitiram controlar o aquecimento das bandejas.

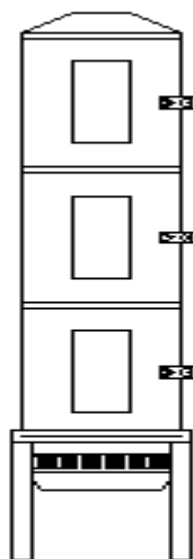


Figura 3.2 - Esquema do secador

#### 3.4.1 - Curvas de secagem

Obtiveram-se as curvas de cinética de secagem em três diferentes temperaturas (50, 60 e 70°C). Durante a secagem 4 fatias do tomate e depois pesadas em intervalos de 10, 15, 20, 30 minutos e 1 hora, durante o processo, até peso constante.

Para o ajuste matemático das curvas de cinética de secagem do tomate, utilizaram-se as equações de secagem em camada fina, de HENDERSON (1974), PAGE (1949) e WANG & SINGH (1978), através do programa computacional STATISTICA versão 5.0.

### Henderson

$$RU = Ae^{-Bt} + Ce^{-Dt} \quad (3.1)$$

### Page

$$RU = e^{-Kt^n} \quad (3.2)$$

### Wang & Singh

$$RU = 1 + At + Bt^2 \quad (3.3)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

A, B, C, D, K, n - constantes dos modelos

t - tempo (min)

## 3.5 - Armazenamento do tomate em pó

Os tomates secos a 70°C, foram triturados em multiprocessador e embalados em sacos de polietileno de baixa densidade, com espessura de 0,7µm; preparados 42 sacos contendo 20g da amostra em cada embalagem, 21 foram separados para o tratamento controle (sem aditivo) e ao restante (21 sacos) se acrescentou o antiumectante fosfato tricálcico, na concentração de 1%, conforme permitido na legislação (BRASIL, 1999). Essas embalagens foram termosseladas e armazenadas em temperatura ambiente, durante 60 dias. Análises físico-químicas foram realizadas em triplicata a cada dez dias, conforme as metodologias descritas nos itens 3.2.1 a 3.2.10.

### 3.6 - Isotermas de adsorção

Determinaram-se as isotermas de adsorção de umidade do tomate seco a 70°C e triturado, empregando-se o método gravimétrico estático, no qual foram utilizadas soluções saturadas de sais, em quatro temperaturas (10, 20, 30 e 40°C) proporcionando diferentes atividades de água (Tabela 3.2).

As amostras, em triplicata, foram postas em cadinhos contendo 1g da amostra seca triturada, permanecendo em cada pote hermético em que se encontravam contendo as soluções saturadas de sais, até atingirem peso constante, fato verificado através de pesagens periódicas em balança analítica.

**Tabela 3.2** - Atividade de água das soluções saturadas de sais

Sal	Temperatura (°C)			
	10	20	30	40
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> KO <sub>2</sub>	0,2338	0,2311	0,2161	0,2040
MgCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O	0,3347	0,3307	0,3244	0,3160
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,4314	0,4316	0,4317	0,432
MgNO <sub>3</sub> 6H <sub>2</sub> O	0,5736	0,5438	0,5140	0,4842
NaBr	0,6215	0,5914	0,5603	0,5317
NaCl	0,7567	0,7547	0,7509	0,7468
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,8206	0,8134	0,8063	0,7991
KCl	0,8677	0,8511	0,8362	0,8232

Fonte: GREENSPAN (1977)

#### 3.6.1 - Umidade de equilíbrio

A umidade de equilíbrio (Equação 3.4) em base seca (% B.S.), foi determinada pela relação entre a massa de água no equilíbrio e a massa seca.

$$U_{eq} = \frac{m_{\text{água}}}{m_s} \cdot 100 \quad (3.4)$$

em que:

$U_{eq}$  – umidade de equilíbrio (% base seca)

$m_{\text{água}}$  - massa de água adsorvida pela amostra (g)

$m_{\text{seca}}$  - massa seca da amostra (g)

### 3.6.2 - Modelos matemáticos

Os modelos de Halsey (Eq. 3.5), GAB (Eq. 3.6), BET modificado (Eq. 3.7), Oswin (Eq. 3.8) e Smith (Eq. 3.9) foram ajustados às isotermas de adsorção de umidade do tomate em pó, utilizando-se o programa computacional STATISTICA versão 5.0.

#### Halsey

$$a_w = \exp\left(\frac{-a^n}{U_{eq}^b}\right) \quad (3.5)$$

em que:

$a_w$  - atividade de água

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

a e b - constantes que dependem da temperatura e da natureza do produto

#### GAB

$$U_{eq} = \frac{X_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \quad (3.6)$$

em que:

$a_w$  - atividade de água

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

$X_m$  - umidade na monocamada molecular (% base seca)

C e K - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto

**BET modificado**

$$U_{eq} = \frac{X_m C a_w}{1 - a_w} \left[ \frac{1 - (n+1)a_w^n + n a_w^{(n+1)}}{1 - (1-C)a_w - C a_w^{(n+1)}} \right] \quad (3.7)$$

em que:

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (% base seca)

$a_w$  - atividade de água

$X_m$  - umidade na monocamada molecular (% base seca)

$C$  - constante relacionada ao calor de sorção

$n$  - número de camadas constante

**Oswin**

$$U_{eq} = a \left( \frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.8)$$

em que:

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio

$a_w$  - atividade de água

$a$  e  $b$  - parâmetros de ajuste do modelo

**Smith**

$$U_{eq} = M_a - M_b \ln(1 - a_w) \quad (3.9)$$

em que:

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio

$a_w$  - atividade de água

$M_a$  e  $M_b$  - parâmetros de ajuste do modelo



### 3.6.2.1 - Erros experimentais

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram: o erro relativo ( $\varepsilon$ ), calculado pela Equação 3.10, e o desvio percentual médio (P) estimado pela Equação 3.11.

$$\varepsilon = \frac{U_{eq(\text{exp})} - U_{eq(\text{teor})}}{U_{eq(\text{exp})}} \quad (3.10)$$

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\left| U_{eq(\text{exp})} - U_{eq(\text{teor})} \right|}{U_{eq(\text{exp})}} \quad (3.11)$$

em que:

$U_{eq(\text{exp})}$  – umidade de equilíbrio obtida experimentalmente

$U_{eq(\text{teor})}$  - umidade de equilíbrio predita pelo método

n - número de dados experimentais

### 3.7 - Análise estatística

Durante o armazenamento, os dados das análises foram tratados de acordo com um delineamento inteiramente casualizado, sendo submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ASSISTAT, versão 7.2 beta (SILVA & AZEVEDO, 2002).

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Caracterização da polpa de tomate

Acham-se expressos, na Tabela 4.1, os resultados médios da caracterização físico-química do tomate *in natura*, utilizado nas secagens.

A quantidade de sólidos solúveis totais (°Brix) encontrada foi de 6,16°Brix, dentro portanto, da faixa determinada por GOULD (1991), que relatou valores entre 4,0 e 6,0°Brix, e superiores ao de ROMERO-PEÑA & KIECKBUSCH (2003) que encontraram o valor de 3,91°Brix.

O pH indicado foi de 4,14, ligeiramente inferior ao avaliado por COELHO (2001) que se situou em torno de 4,45.

O valor médio da umidade foi de 94,89%, resultado idêntico ao registrado por STEVENS (1985) e GIORDANO & RIBEIRO (2000) ao afirmarem que o fruto do tomateiro possui aproximadamente 93 a 95% de água.

**Tabela 4.1** - Caracterização físico-química do tomate *in natura*

Determinação	Valor
Sólidos solúveis totais (°Brix)	6,16 ± 0,00
pH	4,14 ± 0,00
Umidade (%)	94,89 ± 0,02
Ácido ascórbico (mg/100g)	33,72 ± 0,18
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,38 ± 0,004
Cinzas (%)	0,48 ± 0,01
Cinzas insolúveis em ácido clorídrico (%)	0,0017 ± 0,0001
Açúcares redutores (% glicose)	5,54 ± 0,14
Extrato alcoólico (%)	3,11 ± 0,05
Luminosidade (L*)	28,63 ± 0,40
Intensidade de vermelho (a*)	12,37 ± 0,32
Intensidade de amarelo (b*)	17,93 ± 2,60

O ácido ascórbico determinado neste estudo apresentou-se com valor médio de 33,72 mg/100g, o qual se encontra dentro do intervalo calculado por FILGUEIRA (1982), que verificou teores de ácido ascórbico entre 20 e 40 mg/100g de polpa.

O resultado médio da acidez total titulável encontrado foi de 0,38% de ácido cítrico, semelhante aos valores referidos por CAMARGO (2000) para os frutos na categoria de tomate industrial, variedade Rio Grande, e de mesa variedade Carmem, de 0,35% de ácido cítrico, em ambas as variedades.

O teor de cinzas obtido foi de 0,48%, que se encontra próximo ao determinado por DAVIES & HOBSON (1981) ou seja, na faixa de 0,5 a 0,6% para tomate maduro.

O teor de cinzas insolúveis em ácido clorídrico do tomate *in natura* foi de 0,0017%, o qual representa a quantidade de substâncias residuais não voláteis, de sílica e constituintes silicosos do produto obtidos do processo de incineração (ASCENCIO et al. (2005). A determinação de cinzas insolúveis em ácido compreende os resíduos obtidos na fervura das cinzas com ácido clorídrico diluído, após filtragem, lavagem e incineração (ASCENCIO et al., 2005).

O valor médio encontrado para os açúcares redutores foi de 5,54% de glicose, superior ao determinado por AZOUBEL & MURR (2000) isto é, 1,03% para tomate cereja.

Verifica-se, através da medida da cor, representada com base nos parâmetros de luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, que a intensidade da cor amarela no tomate *in natura* foi maior que a intensidade da cor vermelha. WILLS et al. (1982) relataram que os frutos climatérios modificam rapidamente a cor quando amadurecem, sendo o desverdecimento o resultado da degradação, não completa, da clorofila, e aparecimento de pigmentos como carotenóides e antocianinas. A cor nos frutos ou produtos de tomate depende, sobretudo, da quantidade total de pigmentos presentes e da proporção de licopeno.

## **4.2 - Armazenamento do tomate em pó**

Nas Tabelas A.1 a A.24 (Apêndice A) tem-se as análises de variância dos parâmetros avaliados do tomate em pó, durante o armazenamento.

### **4.2.1 - Sólidos solúveis totais (°Brix)**

Na Tabela 4.2 observam-se os valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) do tomate em pó, embalado em sacos de polietileno, para os tratamentos controle e fosfato, durante o armazenamento. Percebe-se, para o tratamento controle, ausência de alteração no

teor dos sólidos solúveis totais durante o armazenamento, apesar de haver, estatisticamente, diferença significativa entre as amostras nos tempos 10 e 40 dias. GIL et al. (2002) ao armazenarem tomates minimamente processados, relataram que o teor de sólidos solúveis variou de 4,7 a 5,4<sup>o</sup>Brix mas não ocorreu efeito significativo das 5 embalagens e/ou das duas temperaturas (0 e 5°C) em que foram mantidos durante 10 dias.

Nota-se também, de maneira geral, para o tratamento com fosfato, que os valores dos sólidos solúveis totais (<sup>o</sup>Brix) se mantiveram durante o armazenamento.

**Tabela 4.2** - Valores médios dos sólidos solúveis totais (<sup>o</sup>Brix) do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	1,67 ab	1,75 ab
10	1,54 b	1,73 b
20	1,71 ab	1,78 ab
30	1,63 ab	1,81 ab
40	1,80 a	1,84 ab
50	1,73 ab	1,86 a
60	1,66 ab	1,87 a
DMS	0,25	0,12
MG	1,68	1,81
CV%	5,45	2,47

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

## 4.2.2 - pH

Apresentam-se, na Tabela 4.3, os valores médios do pH do tomate em pó para o controle e o fosfato. Os valores iniciais do pH do tomate em pó foram de 3,98 (controle) e 4,01 (fosfato), próximos, portanto, do valor analisado por DE PAULA et al. (2004) nos seus estudos com tomates secos desidratados a 65°C, quando encontraram um pH de 4,23.

Observa-se que os valores médios do pH, seja para o tratamento controle ou para o fosfato, não diferiram estatisticamente durante o armazenamento a nível de 5% de significância. As médias gerais do pH do tomate em pó dos dois tratamentos estão no mesmo nível do produto *in natura* (Tabela 4.1).

O pH influencia o sabor dos produtos e, de acordo com SILVA et al. (1994), é desejável se ter, em geral, um pH inferior a 4,5 para impedir a proliferação de microrganismos no produto final.

**Tabela 4.3** - Valores médios do pH do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	3,98 a	4,01 a
10	3,97 a	4,31 a
20	3,96 a	4,16 a
30	3,99 a	4,17 a
40	4,01 a	4,23 a
50	4,02 a	4,08 a
60	3,98 a	4,33 a
DMS	0,22	0,48
MG	3,99	4,18
CV%	2,01	4,11

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

### 4.2.3 – Umidade

A Tabela 4.4 apresenta os resultados da umidade do tomate em pó para os tratamentos controle e fosfato, durante os diferentes tempos de armazenamento.

Para o tratamento controle observa-se estabilidade da umidade entre o tempo zero até 40 dias; a partir de 30 dias, porém, é possível observar algum aumento de umidade, embora ainda não significativo, enquanto aos 50 dias o aumento se torna estatisticamente significativo em relação aos três tempos iniciais, indicando que a embalagem não preservou as condições iniciais de umidade. Apesar disso, a diferença de umidade entre os tempos inicial e final foi inferior a 5%. O pequeno ganho de umidade deve ser atribuído à pouca higroscopicidade das amostras, uma vez que o polietileno de baixa densidade utilizado na embalagem permite a troca de umidade com o meio ambiente do armazenamento. Nas amostras tratadas com fosfato verifica-se que não houve diferença significativa entre os valores médios de umidade nos diferentes tempos de armazenamento, comportamento este que deve ser atribuído ao fato do fosfato tricálcico se comportar tal qual um antiulectante.

Constata-se que as umidades nos dois tratamentos estão de acordo com os valores de SANGUANSRI et al. (1993) os quais afirmam que, para conseguir uma estocagem de tomates secos sem alteração de qualidade e sem a aplicação de conservantes, é essencial reduzir a umidade do produto para a faixa que varia de 11 a 14%, o que evitaria o desenvolvimento de microrganismos e manteria a estabilidade do produto.

Comparando-se o valor da umidade do tomate (Tabela 4.1) com a umidade do tomate em pó, nota-se que o processo de secagem reduziu a umidade, em cerca de 85%.

As médias gerais da umidade das amostras submetidas aos dois tratamentos são superiores às obtidas por GOULA & ADAMOPOULOS (2005) ao secarem polpa de tomate em secador por aspersão, encontrando valores oscilando entre 3,11 e 9,43%.

**Tabela 4.4** - Valores médios de umidade (%) do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	13,85 b	13,08 a
10	13,84 b	13,74 a
20	13,85 b	13,18 a
30	13,90 ab	13,79 a
40	13,91 ab	13,78 a
50	14,49 a	13,88 a
60	14,50 a	13,55 a
DMS	0,60	1,00
MG	14,05	13,57
CV%	1,53	2,63

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

#### 4.2.5- Ácido ascórbico

Na Tabela 4.5 são apresentados os valores médios do ácido ascórbico do tomate em pó, para os tratamentos controle e fosfato.

Observa-se que os valores médios do ácido ascórbico do tomate em pó não apresentaram diferença significativa, seja para o controle como para fosfato, entre os diferentes tempos de armazenamento. ROMERO-PEÑA & KIECKBUSCH (2003), estudando o efeito das condições de secagem de fatias de tomate sobre o teor de ácido ascórbico, constataram um bom índice de preservação do ácido ascórbico nas amostras submetidas a esse tipo de processamento.

O teor de ácido ascórbico do tomate em pó foi aumentado cerca de 8,5 vezes em relação ao do tomate fresco, consequência da redução da umidade causada pela desidratação, sem redução proporcional no teor de ácido ascórbico.

MOREIRA et al. (2004) estudando a qualidade fisiológica de tomate minimamente processado, observaram diminuição no teor de vitamina C dos frutos, após 10 dias de armazenamento.

**Tabela 4.5** - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) do tomate em pó durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	287,89 a	281,20 a
10	284,25 a	278,31 a
20	277,76 a	275,01 a
30	274,83 a	270,04 a
40	271,51 a	266,70 a
50	262,55 a	262,42 a
60	260,77 a	260,29 a
DMS	45,34	23,93
MG	274,22	270,57
CV%	5,93	3,17

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

#### 4.2.6 - Acidez total titulável

Estão registrados, na Tabela 4.6, os valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do tomate em pó. Observa-se que entre os diferentes tempos de



armazenamento não houve diferença significativa para ambos os tratamentos. Resultados inferiores de acidez total titulável foram encontrados por DE PAULA et al. (2004) ao analisarem tomates secos processados, obtendo teor de 2,63%.

A média geral da acidez total titulável do tomate em pó para o tratamento controle foi de 6,76% de ácido cítrico, ou seja, 17,7 vezes maior que na polpa de tomate.

**Tabela 4.6** - Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	6,81 a	6,16 a
10	6,75 a	6,49 a
20	6,73 a	6,65 a
30	6,71 a	6,27 a
40	6,84 a	6,55 a
50	6,72 a	6,59 a
60	6,74 a	6,15 a
DMS	0,15	0,51
MG	6,76	6,41
CV%	0,81	2,83

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

#### 4.2.7 – Cinzas

Na Tabela 4.7 tem-se os valores médios das cinzas do tomate em pó, armazenado durante 60 dias para os tratamentos controle e fosfato.

Para os valores médios das cinzas do tomate em pó sob tratamento controle, não se detectaram diferenças significativas durante o tempo de armazenamento; para o tratamento com fosfato, verifica-se diferença significativa apenas entre o tempo zero e o tempo final; por não configurar tendência que se confirma ao longo do armazenamento, este valor não indica, isoladamente, variação da quantidade de minerais (cinzas) com o tempo.

DE PAULA et al. (2004) ao estudarem tomates secos processados, obtiveram teor de cinzas de 3,19% e SILVA et al. (2004), para o pó do tomate, encontraram valor de 5,86%, resultados inferiores aos do presente estudo.

**Tabela 4.7** - Valores médios de cinzas (%) do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	8,48 a	9,12 a
10	8,45 a	9,09 ab
20	8,36 a	9,11 a
30	8,38 a	9,00 ab
40	8,33 a	9,13 a
50	8,37 a	8,98 ab
60	8,47 a	8,92 b
DMS	0,32	0,17
MG	8,41	9,05
CV%	1,37	0,68

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

#### 4.2.8 - Cinzas insolúveis em ácido clorídrico

A Tabela 4.8 mostra os resultados médios de cinzas insolúveis em ácido clorídrico do tomate em pó, durante o armazenamento, para os dois tratamentos.

Dos resultados obtidos para o armazenamento do controle observa-se não haver diferença significativa nas cinzas insolúveis entre os diferentes tempos.

Para o tratamento com fosfato verifica-se diferença significativa entre os valores médios de cinzas insolúveis em ácido clorídrico para os diferentes tempos de armazenamento, com exceção entre os tempos 0, 10 e 20 dias, que não diferiram estatisticamente entre si, e entre os tempos 40 e 50 dias, que também não diferem estatisticamente; observa-se, então, redução desses valores de cinzas insolúveis em ácido clorídrico com o aumento do tempo de armazenamento, cuja diminuição pode ser justificada pelo poder antiúmectante (seqüestrante) do fosfato tricálcico, o qual reduz a umidade, mesmo que ainda não detectada estatisticamente e, conseqüentemente, provoca redução das cinzas.

Os conteúdos das cinzas insolúveis em ácido clorídrico das amostras dos tratamentos controle e fosfato foram, em média, 0,46 e 0,48%, respectivamente considerados, então, pequenos. De acordo com PARK (1996) altos níveis de cinzas insolúveis em ácido indica presença de areia ou sujeira nas amostras.

**Tabela 4.8** - Valores médios de cinzas insolúveis em ácido clorídrico (%) do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	0,4809 a	0,5036 a
10	0,4647 a	0,5024 a
20	0,4420 a	0,5015 a
30	0,4598 a	0,4948 b
40	0,4711 a	0,4617 c
50	0,4413 a	0,4613 c
60	0,4689 a	0,4427 d
DMS	0,0453	0,0063
MG	0,4613	0,4812
CV%	3,52	0,47

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

#### 4.2.10 - Açúcares redutores

A Tabela 4.9 apresenta os valores médios dos açúcares redutores do tomate em pó, para os tratamentos controle e fosfato, durante os diferentes tempos de armazenamento.

Observa-se, no tratamento controle, que não ocorreu diferença significativa entre os valores médios de açúcares redutores nos dois primeiros tempos e entre os cinco últimos tempos de armazenamento. A redução dos açúcares redutores foi observada, neste tratamento, entre 10 e 20 dias, estabilizando-se a partir de então. A diminuição constatada pode ter sido causada pelo aumento da umidade no tomate em pó ou pela degradação e/ou transformação dos açúcares redutores em outros açúcares ou, ainda, por outros componentes. SOARES et al. (2001) ao estudarem a acerola após a desidratação pelo

processo de secagem em camada de espuma, também verificaram redução no teor de açúcares redutores com o tempo de armazenamento.

Verifica, ainda, para o tratamento com fosfato, diminuição dos açúcares redutores, com o tempo de armazenamento. Neste tratamento são observadas reduções entre 10 e 20 dias e entre 20 e 40 dias, estabilizando-se a partir de 30 dias, sem diferenças significativas entre os valores médios até o final do armazenamento.

De acordo com os resultados obtidos, nota-se elevada concentração dos açúcares redutores no tomate em pó, em relação ao da polpa do tomate, o que também foi verificado por SELMO et al. (1998) em trabalho com desidratação de maçãs.

**Tabela 4.9** - Valores médios dos açúcares redutores (% glicose) do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	42,31 a	43,44 a
10	41,77 a	43,37 a
20	39,03 b	40,39 b
30	39,73 b	39,39 bc
40	39,31 b	39,06 c
50	39,87 b	39,08 c
60	39,21 b	39,05 c
DMS	1,64	1,22
MG	40,18	40,54
CV%	1,46	1,08

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

#### 4.2.11 - Extrato alcoólico

A Tabela 4.10 aponta os valores médios de extrato alcoólico do tomate em pó, para os tratamentos controle e fosfato, ao longo do armazenamento.

Nota-se ausência de diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade, para o tratamento controle, significando que os componentes voláteis se mantiveram durante o armazenamento.

Analisando-se os valores médios do extrato alcoólico para o tratamento fosfato, vê-se que, apesar das oscilações dos valores, não há diferenças significativas ao longo do armazenamento, que indiquem influência do tempo sobre o extrato alcoólico das amostras.

**Tabela 4.10** - Valores médios de extrato alcoólico (%) do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	37,17 a	34,93 b
10	39,09 a	35,24 ab
20	36,93 a	36,43 ab
30	37,22 a	36,93 a
40	36,28 a	34,75 b
50	36,41 a	34,90 b
60	36,35 a	36,21 ab
DMS	3,06	1,91
MG	37,06	35,63
CV%	2,96	1,93

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

## 4.2.11 - Cor

### 4.2.11.1 - Luminosidade ( $L^*$ )

Apresentam-se, na Tabela 4.11, os valores médios da luminosidade do tomate em pó, nos diferentes tempos de armazenamento, para os tratamentos controle e fosfato.

Pode-se observar que não houve diferença significativa entre os valores médios da luminosidade para o controle entre os três primeiros tempos e entre os quatro últimos tempos de armazenamento. A diferença significativa entre esses dois grupos de valores tem início entre 20 e 30 dias de armazenamento; apesar disso, entre todos os tempos observam-se decréscimos na luminosidade, embora de pequena monta, de forma que entre as amostras no tempo zero e no tempo 60 dias, esta variável sofreu diminuição de 23,3%.

Para os valores médios da luminosidade das amostras sob o tratamento com fosfato, não se verifica diferença significativa entre o tempo 0 e 10 dias, entre 10 e 20 dias e entre 30 dias e os tempos seguintes; da mesma forma como ocorreu para o tratamento controle, a luminosidade também diminuiu com o tempo ficando, ao final do armazenamento, com 25,57 %, menor que o valor inicial; este percentual, semelhante ao observado para o controle, indica que não houve influência da adição de fosfato sobre a luminosidade.

Como a escala da luminosidade varia de 0 (preto) a 100 (branco) e ocorreram, em ambos os tratamentos, reduções com o tempo, observa-se escurecimento das amostras. SOUSA (2002) também verificou, em estudos com bananas desidratadas por pré-tratamento osmótico (a pressão atmosférica e a vácuo), seguido de secagem em estufa, diminuição no valor de  $L^*$  com o decorrer do tempo de estocagem dos produtos, a temperatura ambiente.

**Tabela 4.11** - Valores médios da luminosidade (L\*) do tomate em pó, durante o armazenamento

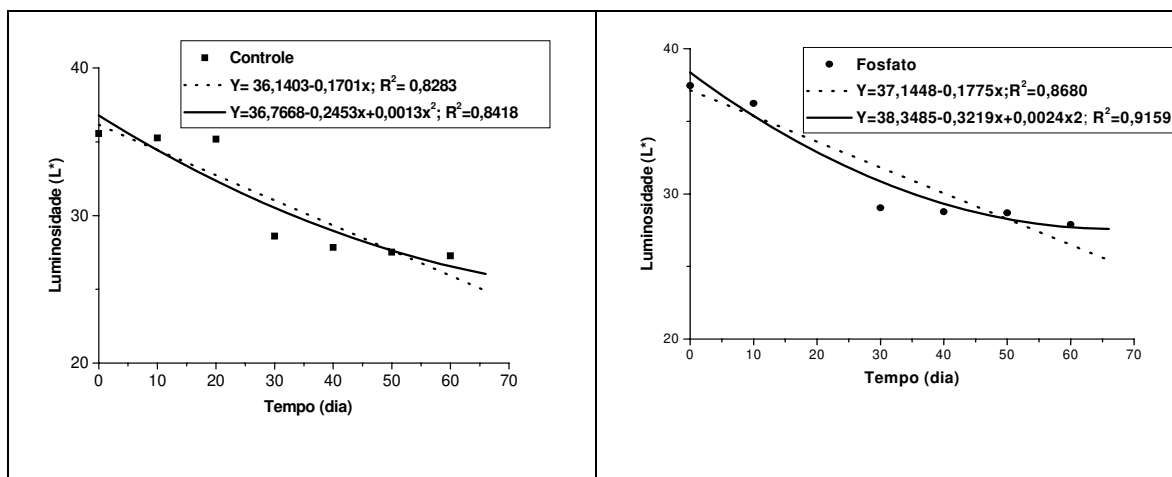
Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	35,56 a	37,46 a
10	35,26 a	36,24 ab
20	35,18 a	34,66 b
30	28,60 b	29,04 c
40	27,84 b	28,77 c
50	27,52 b	28,70 c
60	27,27 b	27,88 c
DMS	1,33	2,06
MG	31,03	31,82
CV%	1,54	2,32

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Apresentam-se, na Figura 4.1, os valores da luminosidade (L\*) para os tratamentos controle, e o fosfato do tomate em pó, nos diferentes tempos de armazenamento, ajustados por equação linear e quadrática, observando-se diminuição no valor de luminosidade para ambos os tratamentos, com o aumento do tempo, podendo ser representada pela equação quadrática, que apresentou os maiores coeficientes de determinação.





**Figura 4.1** - Valores da luminosidade ( $L^*$ ) do tomate em pó durante o armazenamento, ajustados pela equação linear e quadrática

#### 4.2.11.2 - Intensidade de vermelho ( $+a^*$ )

Na Tabela 4.12 estão expostos os valores médios da intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) do tomate em pó, para os tratamentos controle e fosfato, seguidos do tempo de armazenamento.

Observando-se os valores médios da intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) para o tratamento controle, percebe-se que não existe diferença significativa entre os três primeiros tempos e entre os tempos de 20 a 60 dias; apesar disso, do tempo zero até o final do armazenamento tem-se uma diminuição da intensidade de vermelho, de 12,31%.

A perda da cor vermelha característica é decorrente da oxidação dos pigmentos carotenóides e da formação de compostos escuros devido, principalmente, à reação de Maillard (escurecimento não enzimático) (LUH, 1960; LUH & CHICHESTER, 1964; OLIVEIRA et al., 1991).

Para os valores da intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) das amostras tratadas com fosfato não se detecta diferença significativa nos diferentes tempos de armazenamento, indicando uma influência benéfica do aditivo sobre a manutenção deste índice de aparência.

**Tabela 4.12** - Valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) do tomate em pó, durante o armazenamento

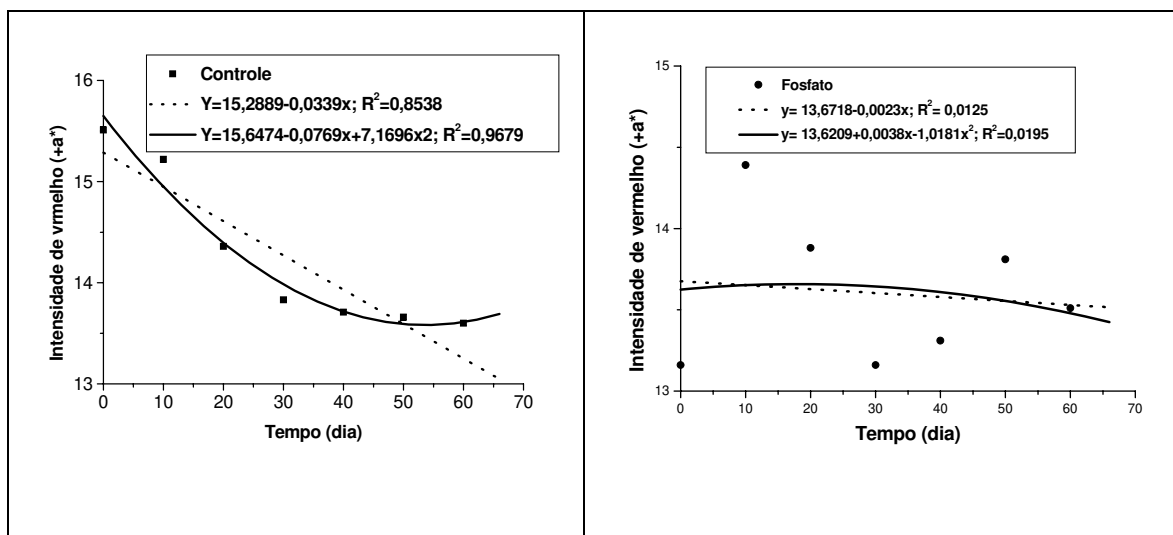
Tempo de armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	15,51 a	13,16 a
10	15,22 ab	14,39 a
20	14,36 abc	13,88 a
30	13,83 bc	13,16 a
40	13,71 c	13,31 a
50	13,66 c	13,81 a
60	13,60 c	13,51 a
DMS	1,48	2,14
MG	14,27	13,60
CV%	3,71	5,63

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

A Figura 4.2 representa, graficamente, os valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) para o tratamento controle do tomate em pó, nos diferentes tempos de armazenamento, ajustados por equação linear e quadrática. Observa-se que a equação quadrática foi a que apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ), podendo ser utilizada para estimar os valores da intensidade de vermelho do tomate em pó, durante o armazenamento.

Para o tratamento com fosfato não ocorreu alteração da intensidade de vermelho com o tempo de armazenamento e as equações não se ajustaram aos dados experimentais, não se podendo utilizá-las para representar este comportamento.



**Figura 4.2** - Valores de intensidade de vermelho (+a\*) do tomate em pó, durante o armazenamento, ajustados por equação linear e quadrática

#### 4.2.11.3 - Intensidade de amarelo (+b\*)

Na Tabela 4.13 tem-se os valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) do tomate em pó, para os tratamentos controle e fosfato, ao longo do armazenamento.

Verifica-se, no tratamento controle, que não ocorreu diferença significativa entre os valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) entre os três primeiros tempos e entre os quatro últimos tempos de armazenamento, mas se constata redução de b\* de 9,81% no final (60 dias) do armazenamento com relação ao início (0 dia).

Observa-se que os valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) para o tratamento fosfato não apresentaram diferenças significativas durante o armazenamento.

Segundo GIOVANNUCCI (1999), as cores das espécies de tomate diferem do amarelo para o vermelho alaranjado, dependendo da razão licopeno/beta-caroteno da fruta, que também está associada à presença da enzima beta-ciclase, a qual participa da transformação do licopeno em beta-caroteno.

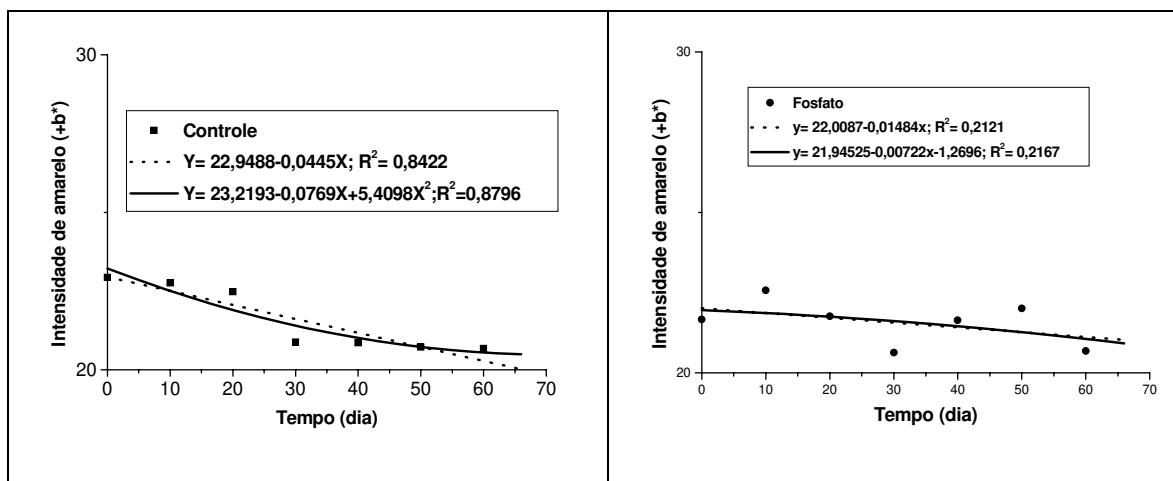
**Tabela 4.13** - Valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) do tomate em pó, durante o armazenamento

Tempo de Armazenamento (dia)	Tratamento	
	Controle	Fosfato
0	22,93 a	21,66 a
10	22,76 a	22,57 a
20	22,48 a	21,76 a
30	20,88 b	20,63 a
40	20,86 b	21,64 a
50	20,72 b	22,01 a
60	20,68 b	20,68 a
DMS	1,58	2,61
MG	21,61	21,56
CV%	2,61	4,34

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

Representam-se, na Figura 4.3, graficamente, os valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) do tomate em pó para o tratamento controle e fosfato, nos diferentes tempos de armazenamento, ajustados por equação linear e quadrática. Nota-se, para o tratamento controle, pequena diferença entre os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) das equações linear e quadrática apresentando, a equação quadrática, ligeira superioridade; para o tratamento com fosfato, tanto a equação linear como a equação quadrática não se ajustaram bem aos dados experimentais, não sendo recomendado usá-las para estimar a intensidade de amarelo das amostras de tomate em pó, com adição de fosfato.



**Figura 4.3** - Valores de intensidade de amarelo (+b\*) do tomate em pó, durante o armazenamento, ajustados por equação linear e quadrática

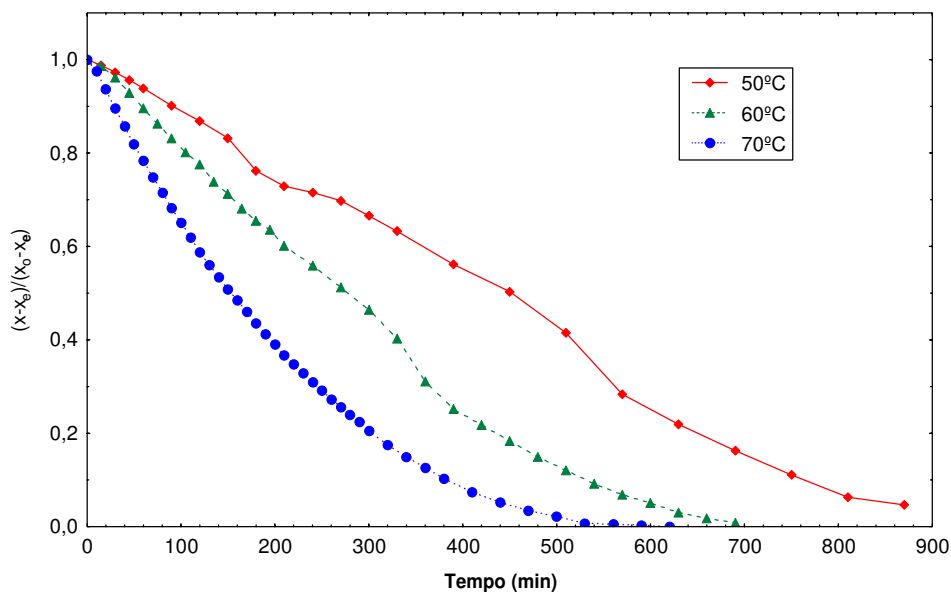
#### 4.3 - Curvas de secagem do tomate

No Apêndice B, Tabelas B.1 a B.3, tem-se os dados experimentais das razões de umidade, em função do tempo de secagem das fatias de tomate nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, utilizados para a construção das curvas de secagem.

Na Figura 4.4 são apresentados os pontos experimentais de secagem de tomate nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, pelo adimensional de umidade, em função do tempo.

Nota-se que a curva de pontos referente à temperatura de 70°C apresenta tendência de redução na razão de umidade, mais acentuada que a curva, representando 60°C que, por sua vez, demonstra redução mais rápida que a curva referente a 50°C, demonstrando a influência da temperatura sobre as velocidades em que transcorreram as secagens.

Na temperatura de 50°C a secagem foi realizada durante cerca de 15 horas, a 60°C, 12 horas e a 70°C, 11 horas, ou seja, uma diferença na temperatura de secagem de 20°C reduziu o tempo de secagem em aproximadamente 27%. Vários pesquisadores consideram a temperatura o parâmetro que exerce maior influência na cinética de secagem de alimentos (YOSHIDA, 1997; PRADO, 1998; SILVA, 1999; MOURA, 2001). ZANONI et al. (1999) ao secarem tomates partidos ao meio, em secador de bandejas a 80°C com fluxo de ar de 1,5 m/s, relataram um tempo de aproximadamente 7 horas para que as amostras atingissem umidade de 10%.



**Figura 4.4** - Curvas de secagem de tomate para temperaturas de 50, 60 e 70°C

Na Tabela 4.14 encontram-se os parâmetros dos modelos de Page, Wang & Singh e Henderson, ajustados às curvas de secagem do tomate nas diferentes temperaturas, e seus coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Todos os modelos se ajustaram bem aos dados experimentais das secagens, com os coeficientes de determinação apresentando valores superiores a 0,94, podendo ser usados na predição da cinética de secagem de tomate; apesar disso, o modelo de Wang & Singh apresentou os maiores  $R^2$ , seguido do modelo de Page. DOYMAZ (2005) ao ajustar os modelos de Wang & Singh e de Page as curvas de secagem do figo obteve valores de  $R^2$  de 0,9512 e 0,9912, respectivamente.

Verifica-se que o parâmetro K da equação de Page apresentou aumento com o aumento da temperatura, o que também foi constatado por SILVA et al. (2004) ao determinarem a cinética de secagem de fatias de cajá em secador de bandejas nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. De acordo com AZZOUZ et al. (1998) o parâmetro n possui efeito de moderação do tempo e corrige os possíveis erros resultantes da negligência da resistência interna para a transferência de umidade.

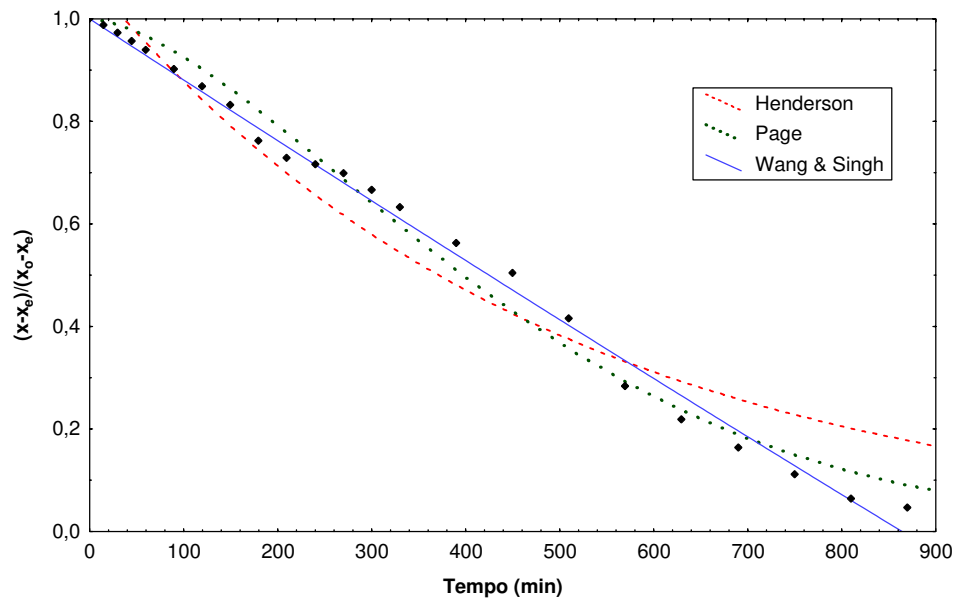
Os parâmetros A, em valores absolutos, e B, da equação de Wang & Singh aumentaram com o aumento da temperatura. Os valores de A determinados por DOYMAZ (2005), para figo, e por JAIN & PATHARE (2004), para cebola, também tiveram valores negativos e bem pequenos.

Os parâmetros A e C da equação de Henderson, aumentaram com o aumento da temperatura para a faixa de temperatura entre 50 e 60°C e diminuíram entre 60 e 70°C. Com relação aos parâmetros de B e D, foi notório o aumento com o aumento da temperatura entre 50 e 70°C.

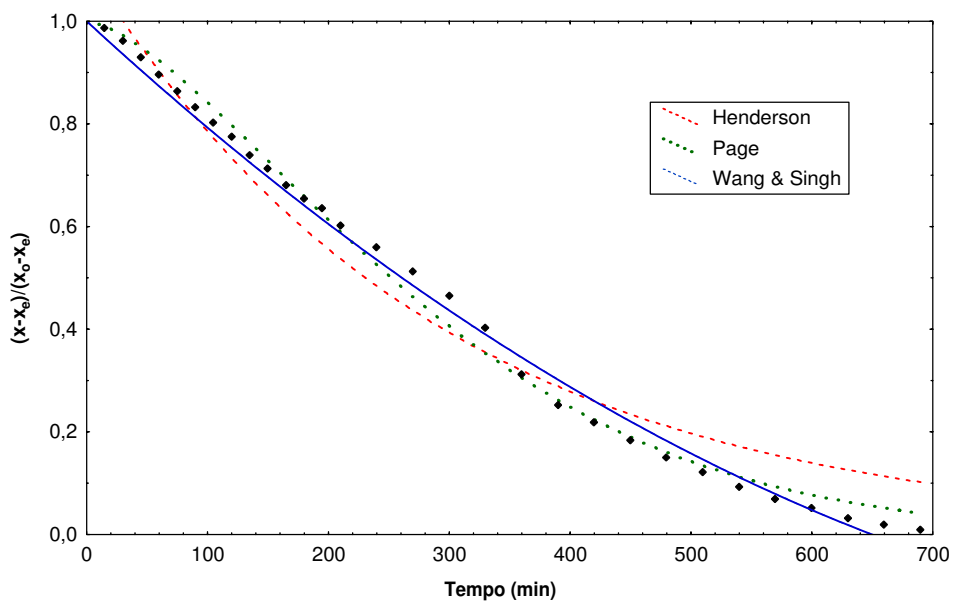
**Tabela 4.14** - Parâmetros dos modelos de Page, Wang & Singh e Henderson, e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), da cinética de secagem do tomate

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros				$R^2$
		K		n		
Page	50	0,000052		1,058695		0,9862
	60	0,000166		1,507602		0,9940
	70	0,001475		1,225495		0,9975
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros		$R^2$		
		A	B			
Wang & Singh	50	-0,001196	0,000000	0,9942		
	60	-0,002169	0,000001	0,9944		
	70	-0,003707	0,000003	0,9988		
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros				$R^2$
		A	B	C	D	
Henderson	50	0,539789	0,0021	0,53789	0,002073	0,9466
	60	0,549957	0,0035	0,56047	0,003458	0,9644
	70	0,531088	0,0053	0,53109	0,005251	0,9899

As Figuras 4.5 a 4.7 apresentam os dados experimentais das secagens nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, ajustadas pelos modelos de Henderson, Page e Wang & Singh. Nas três figuras é possível identificar a melhor aproximação dos conjuntos de pontos pela curva gerada a partir do modelo de Wang & Singh, alcançando maior precisão no ajuste dos pontos correspondentes a 70°C.

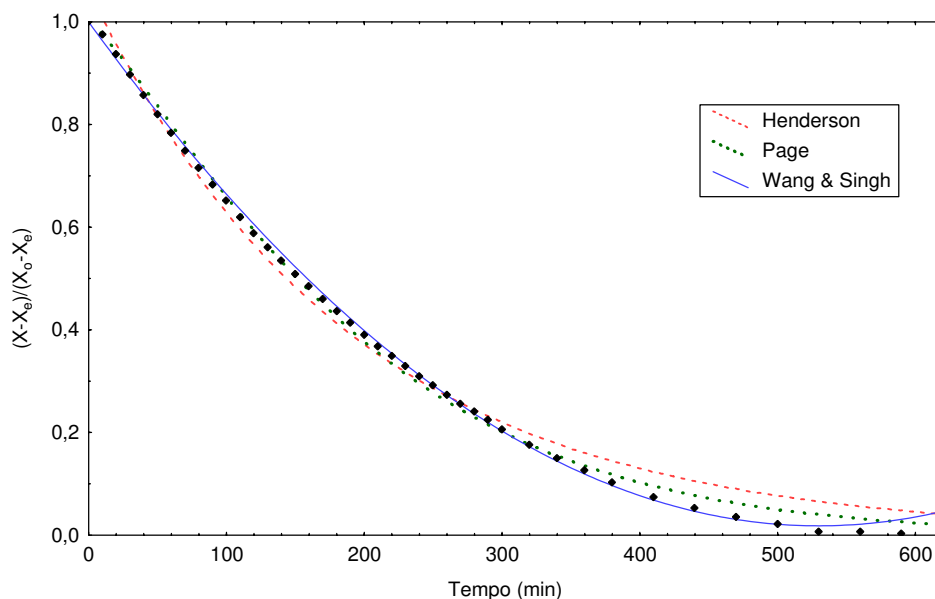


**Figura 4.5** - Curvas de secagem de tomate a 50°C, ajustadas pelo modelo de Henderson, Page e Wang & Singh



**Figura 4.6** - Curvas de secagem de tomate a 60°C, ajustadas pelo modelo de Henderson, Page e Wang & Singh





**Figura 4.7** - Curvas de secagem de tomate a 70°C, ajustadas pelo modelo de Henderson, Page e Wang & Singh

#### 4.4 - Isotermas de adsorção de umidade

Apresentam-se, na Tabela 4.15, os valores experimentais da umidade de equilíbrio do tomate em pó sem aditivo (controle) em função das diferentes atividades de água, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C. Verifica-se que a umidade de equilíbrio aumenta com o aumento da atividade de água em todas as temperaturas avaliadas, de acordo, portanto, com o comportamento avaliado por FIGUEIRÊDO et al. (2005) ao determinarem as isotermas de adsorção da polpa de umbu-cajá em pó; observa-se, ainda, na maioria dos casos, diminuição das umidades de equilíbrio com o aumento da temperatura.

**Tabela 4.15** - Valores experimentais da umidade de equilíbrio ( $U_{eq}$ ) do tomate em pó para as diferentes atividades de água ( $a_w$ ), nas temperaturas de 10 e 20 30 e 40°C

Temperatura (°C)	$a_w$	$U_{eq}$ (% b.s.)
10	0,2338	19,9341
	0,3347	21,6442
	0,4314	24,4903
	0,5736	31,1671
	0,6215	38,3020
	0,7567	56,2787
	0,8206	60,2079
	0,8677	78,6365
20	0,2311	19,3833
	0,3307	24,2405
	0,4316	27,4175
	0,5438	29,2783
	0,5914	33,7080
	0,7547	51,6118
	0,8134	56,5765
	0,8511	63,7313
30	0,2161	18,8179
	0,3244	23,2109
	0,4317	26,3820
	0,5140	29,8233
	0,5603	32,7652
	0,7509	49,6687
	0,8063	55,3008
	0,8362	69,0320
40	0,2040	20,0173
	0,3160	22,1310
	0,4320	23,4917
	0,4842	27,1665
	0,5317	29,0050
	0,7468	46,7993
	0,7991	55,6863
	0,8232	60,5483

Na Tabela 4.17 encontram-se os parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção de umidade, obtidos por regressão não linear para os modelos de Halsey, GAB, BET

modificado, Oswin e Smith, assim como os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios percentuais médios (P).

Encontram-se, no Apêndice C, Tabela C.1 a C.20, os valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da pitanga em pó, os resíduos e os erros relativos dos modelos testados.

Os modelos de Halsey e GAB e BET modificado, descreveram satisfatoriamente o comportamento das isotermas de adsorção de umidade do tomate em pó para cada temperatura estudada, uma vez que os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), foram superiores a 0,97 e os desvios percentuais médios (P) foram de, no máximo, 5,19%. Para AGUERRE et al. (1989) ajustes com desvios percentuais médios inferiores a 10% indicam um razoável ajuste dos modelos aos dados experimentais e ainda, de acordo com LABUZA (1985), o ajuste é considerado excelente para valores inferiores a 5%.

Para a temperatura de 10°C o modelo que melhor pode estimar a isoterma do tomate em pó é o de BET modificado, em razão de apresentar o menor valor para o desvio percentual médio (P), apesar do  $R^2$  ser um pouco menor que o do modelo de GAB. Para a temperatura de 20°C o modelo de GAB foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, apresentando o maior valor para o  $R^2$  e o menor valor de P. Para as temperaturas de 30 e 40°C o modelo de Halsey obteve o melhor ajuste, apresentando os maiores valores para  $R^2$  e os menores para P.

O modelo de Smith, apesar de não apresentar os melhores ajustes, pode ser utilizado para prever as isotermas de adsorção do tomate em pó, nas temperaturas avaliadas, visto que os valores de  $R^2$  foram acima de 0,97 e de P abaixo de 10%. FARIAS et al. (2002) utilizaram o modelo de Smith para estimar as isotermas de desorção do cajá nas temperaturas de 30, 40 e 50°C, obtendo coeficientes de determinação acima de 0,95 e valores de P abaixo de 6%.

O modelo de Oswin apresentou coeficientes de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,93, e desvios percentuais médios superiores a 10%, não sendo indicado para estimar as isotermas de adsorção do tomate em pó. A menor adequação desse modelo em relação aos demais, era esperado, uma vez que é um modelo com apenas dois parâmetros.

O parâmetro *a* da equação de Halsey diminuiu com o aumento da temperatura para a faixa entre 20 e 40°C. PENA et al. (2000) ao utilizarem o modelo de Halsey para estimar as isotermas de adsorção de umidade do guaraná em pó, também acharam coeficientes de determinação superiores a 0,98.

A umidade na monocamada do tomate em pó calculado do modelo de GAB, variou de 15,1645 a 17,3335g/100g ms mantendo-se, porém, na mesma faixa de valores relatado por AKANBI et al. (2005) para fatias de tomate desidratado. O valor de  $X_m$  diminuiu com o aumento da temperatura para a faixa entre 20 e 40°C, comportamento também observado por KAYMAK-ERTEKIN & SULTANOGLU (2001) no ajuste de isotermas de pimentão entre 30 e 60°C.

De acordo com SINGH & SINGH (1996) a constante C no modelo de GAB representa o calor total de sorção da primeira camada e o valor positivo é devido à forte interação exotérmica do vapor d'água com os sítios primários do alimento. Este modelo é amplamente utilizado para descrever o comportamento de isotermas de alimentos por diversos pesquisadores. UNADI et al. (1998), constataram que GAB foi o modelo de sorção mais satisfatório para estimar isotermas de dessorção de tomate, e GIOVANELLI et al. (2002) verificaram  $R^2=0,999$  para o modelo de GAB, ao determinarem as isotermas de adsorção a 20°C de tomate liofilizado. Entre as temperaturas de 10 e 30°C, vê-se que houve aumento do parâmetro C do modelo de GAB com o aumento da temperatura.

Os valores da constante K do modelo de GAB foram todos inferiores a um, sendo considerados uma característica de produtos alimentícios, indicando que a isoterma tende a uma assíntota em atividades de água igual a 1,0 (FERNANDEZ, 1995). Vários pesquisadores também acharam o valor de K menor que 1,0 para diversos tipos de alimentos, dentre eles ALVES & BORDIN (1998) em café solúvel, ARAÚJO et al. (2001) em goiaba, e COSTA et al. (2003) em pós de beterraba, abóbora e cenoura.

O parâmetro  $X_m$  do modelo de BET modificado, que representa a umidade na monocamada molecular, ficou próximo a 14% b.s. em toda a faixa de temperatura avaliada, apresentando uma leve diminuição entre as temperaturas de 20 e 40°C. VENCATO et al. (2005) ao avaliarem o comportamento deste modelo para a proteína de soja, verificaram valores de  $X_m$  superiores ao do tomate em pó, variando entre 20 e 50% b.s. para a mesma faixa de temperatura.

O parâmetro n do modelo de BET modificado, que representa o número de camadas, foi para o tomate em pó de, no máximo, 14 camadas, a 10°C, e entre 20 e 40°C entre 10 e 11 camadas. VENCATO et al. (2005) ao ajustarem este modelo aos dados experimentais da proteína de soja notaram, para a faixa de temperatura variando entre 10 e 50°C, o n oscilando entre 20 e 50 camadas. GOUVEIA et al. (2004) acharam valores de n de 18 camadas para polpa de banana madura e semi-madura.

O parâmetro  $a$  do modelo de Oswin para a faixa de temperatura entre 20 e 40°C, diminuiu com o aumento da temperatura. Inversamente a este comportamento, GOMES et al. (2002) verificaram, para a acerola em pó, aumento do parâmetro  $a$  com o aumento da temperatura para a faixa de temperatura entre 20 e 30°C. GOUVEIA et al. (2004) utilizaram este modelo para estimar as isotermas de dessecção da polpa de banana madura e semi-verde, na faixa de temperatura entre 20 e 40°C, obtendo valores de  $R^2$  acima de 0,98 e  $P$  abaixo de 8%. SOGI et al. (2003) obtiveram  $R^2$  de 0,83 e 0,89 ao ajustarem o modelo de Oswin às isotermas de sementes de tomate para as temperaturas de 30 e 40°C, respectivamente.

Os parâmetros  $M_a$  e  $M_b$  do modelo de Smith, não apresentaram um comportamento de acréscimo ou decréscimo com o aumento da temperatura. Os valores de  $M_a$  variaram entre 7,1344 e 11,4425 e de  $M_b$  oscilaram entre 27,1483 e 33,2966. Contrariamente, VENCATO et al. (2005) ao avaliarem o comportamento da proteína de soja, notaram aumento do parâmetro  $M_a$  com o aumento da temperatura entre 10 e 40°C, e os valores absolutos do parâmetro  $M_b$  diminuíram com o aumento da temperatura.

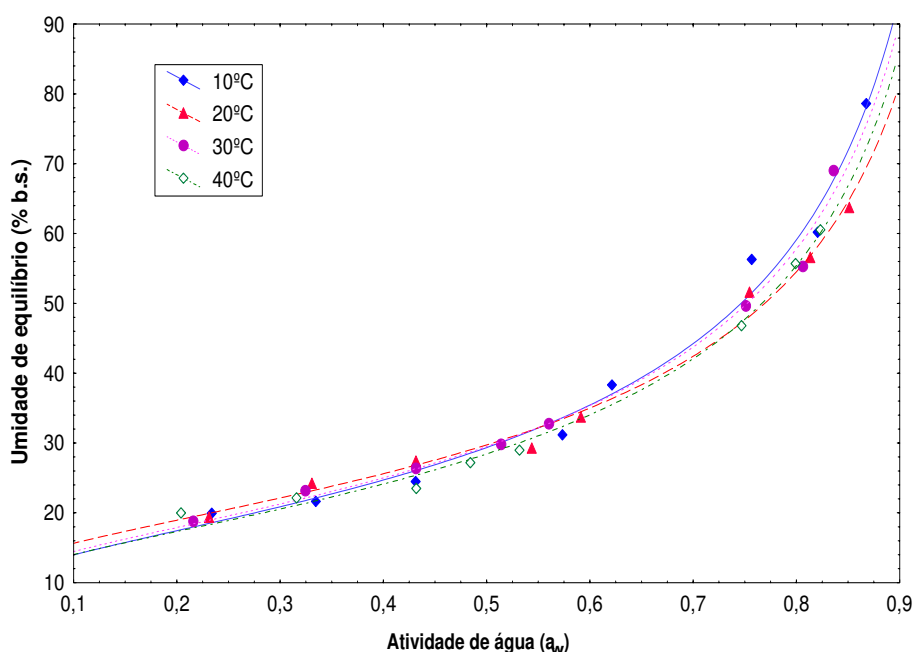
**Tabela 4.17** - Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção do tomate em pó, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros			$R^2$	P (%)
		a	b			
Halsey	10	164,9968	1,6194		0,9853	5,19
	20	392,9034	1,8690		0,9884	3,69
	30	208,4725	1,6861		0,9886	2,51
	40	204,4517	1,6987		0,9927	4,23
GAB	Temperatura (°C)	$X_m$	C	K	$R^2$	P (%)
	10	16,2541	39,8834	0,9127	0,9858	4,90
	20	17,3335	45,3549	0,8604	0,9908	3,65
	30	15,7165	4874,396	0,9115	0,9879	3,03
40	15,1645	33716,85	0,9095	0,9971	2,54	
BET modificado	Temperatura (°C)	$X_m$	C	n	$R^2$	P (%)
	10	14,0535	1997100,	14,3205	0,9841	4,66
	20	14,5853	2090868,	10,3446	0,9895	4,54
	30	14,3832	599083,6	11,8466	0,9772	4,45
40	13,9242	2144585,	11,3546	0,9904	4,38	
Oswin	Temperatura (°C)	a	b		$R^2$	P (%)
	10	48,0553	0,2906		0,9596	10,93
	20	55,9322	0,1379		0,9490	10,85
	30	53,9923	0,1872		0,9417	11,38
40	53,4573	0,1604		0,9327	12,22	
Smith	Temperatura (°C)	$M_a$	$M_b$		$R^2$	P (%)
	10	7,1344	33,2966		0,9759	7,86
	20	11,4425	27,1483		0,9868	4,73
	30	9,8909	29,7813		0,9761	5,56
40	10,1783	27,8446		0,9808	6,96	

As isotermas de adsorção do tomate em pó, para as temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C (Figuras 4.8 a 4.12), evidenciam a influência que os aumentos da atividade de água exerceram sobre os aumentos da umidade de equilíbrio.

Na Figura 4.8 são apresentadas as isotermas de adsorção de umidade do tomate em pó, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C, com o modelo de Halsey ajustado às curvas experimentais. A curva referente à temperatura de 20°C em atividades de água entre 0,1 e 0,6, encontra-se em posição superior. Em atividades de água acima de 0,6 observa-se que a curva referente a 10°C ocupa posição de maiores umidades de equilíbrio. De acordo com LOMAURO et al. (1985) uma isoterma de umidade pode ser dividida em três regiões,

dependendo do estado da água presente no alimento: a primeira região representa a adsorção de uma película monomolecular de água, e a  $a_w$  está entre 0 e 0,35; a segunda região, que expressa a adsorção nas camadas adicionais acima da monocamada e se localiza entre atividades de água de 0,35 e 0,60; a terceira região, localizada acima de atividade de água de 0,60, representa a água condensada nos poros do material, seguida pela dissolução de materiais solúveis presentes.



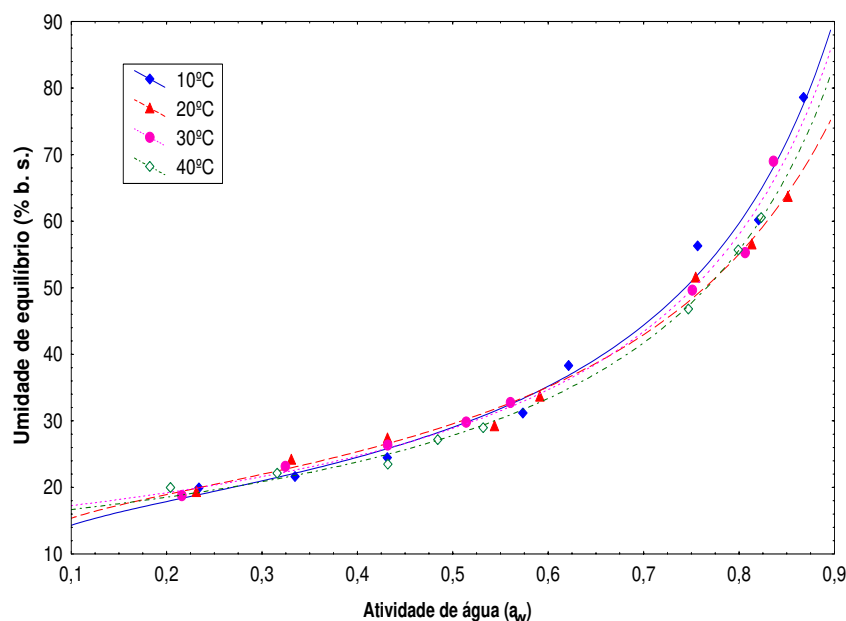
**Figura 4.8** - Isotermas de adsorção do tomate em pó, ajuste pelo modelo de Halsey

As isotermas de adsorção do tomate em pó nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C, com o modelo de GAB ajustado aos pontos experimentais, encontram-se na Figura 4.9.

As curvas apresentam um comportamento sigmóide. Observa-se que, exceto pela curva referente a 20°C, dá-se tendência de aumento da umidade de equilíbrio com a diminuição da temperatura, para atividades de água mais altas.

O modelo de GAB tem sido muito utilizado por diversos pesquisadores para descrever o comportamento de isotermas de alimentos: KIRANOUDIS et al. (1993) utilizaram o modelo de GAB para descrever isotermas de alguns vegetais para temperaturas de 30, 45 e 60°C e atividades de águas entre 0,1 e 0,9; KIRANOUDIS et al. (1997) ajustaram, como modelo de GAB, isotermas de sorção de maçã, pêra, kiwi e banana; UNADI et al. (1998), observaram que o modelo de GAB foi a equação de sorção

mais aceitável para prever as isotermas de dessorção de tomate. A escolha deste modelo encontra apoio, ainda, em RAO & RIZVI (1986), para quem a equação de GAB descreve a sorção de água de quase todos os alimentos com atividade de água variando de 0 a 0,9, por ter uma base teórica fundamentada e apresentar três parâmetros, relativamente simples, que têm significado físico do processo e por ser capaz de descrever algum efeito da temperatura no processo de sorção.

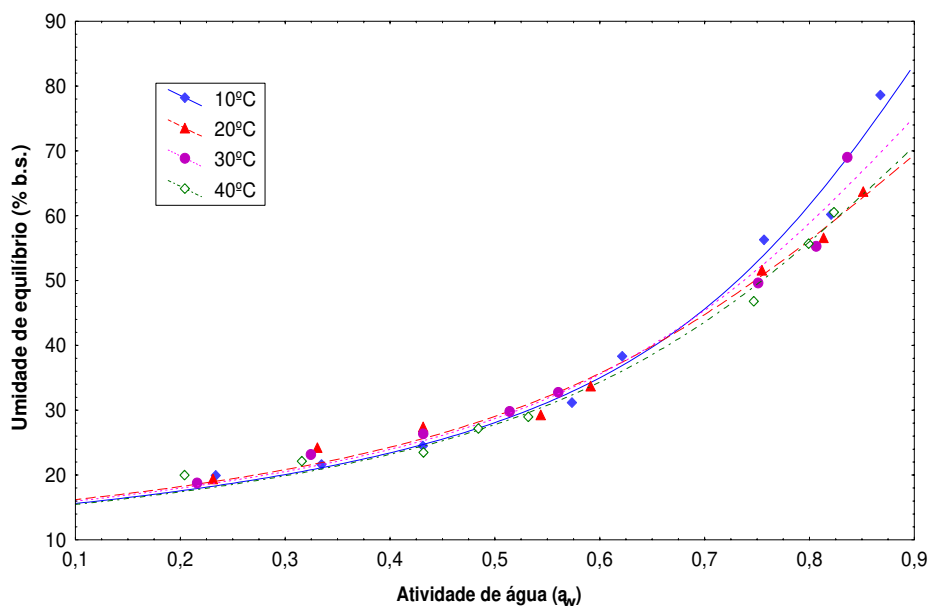


**Figura 4.9** - Isotermas de adsorção do tomate em pó, ajuste pelo modelo de GAB

A Figura 4.10 mostra as isotermas de adsorção do tomate em pó nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C, com o modelo de BET modificado, ajustado às curvas experimentais.

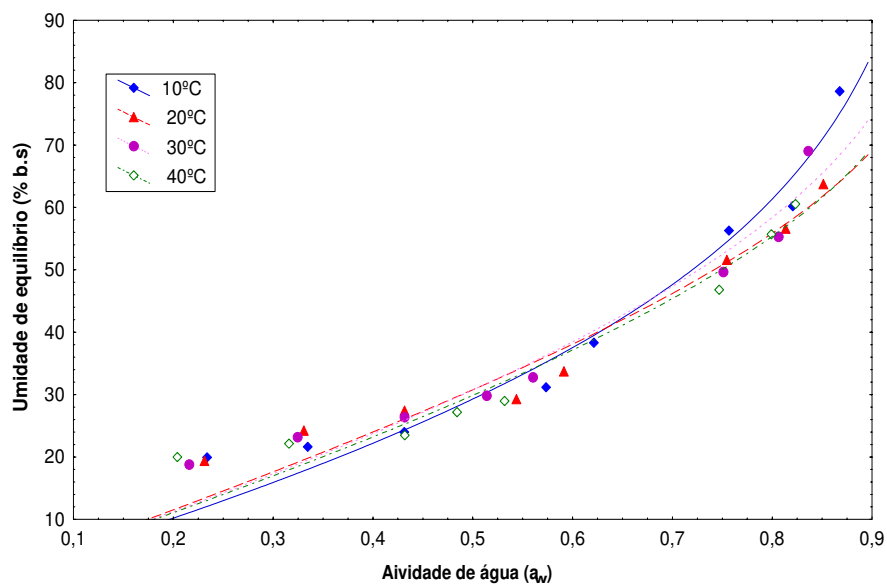
Da mesma forma que as curvas obtidas com os modelos de Halsey e GAB, verifica-se maior proximidade das curvas aos dados experimentais e, nas curvas obtidas com este modelo, que para atividades de água acima de 0,7 as maiores umidades de equilíbrio correspondem à temperatura de 10°C.





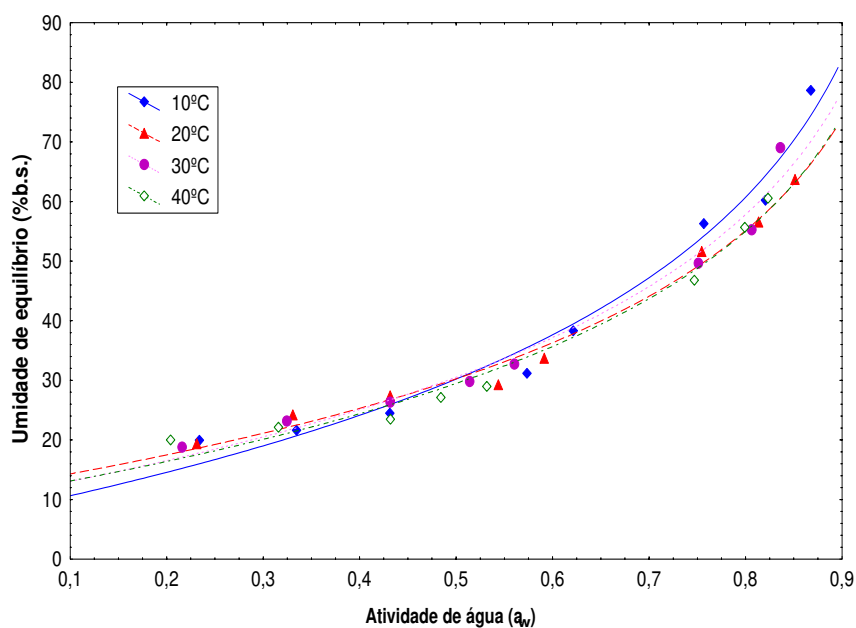
**Figura 4.10** - Isotermas de adsorção do tomate em pó, ajustadas pelo modelo de BET modificado

A Figura 4.11 apresenta, graficamente, as isotermas de adsorção do tomate em pó, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C, com o modelo de Oswin ajustado às curvas experimentais. Verifica-se que a curva ajustada para a temperatura de 10°C em  $a_w$  menores que 0,6, ocupa posição inferior; com o aumento da atividade de água, esta curva cruza as demais assumindo, a partir de então, valores superiores de umidade de equilíbrio; referidos intercruzamentos foram verificados por vários pesquisadores para  $a_w$  acima de 0,6 (FIGUEIREDO, 1998; PENA et al., 1996); outrossim, as curvas para a  $a_w$  menores que 0,4 se distanciam dos dados experimentais.



**Figura 4.11** - Isothermas de adsorção do tomate em pó, ajuste pelo modelo de Oswin

A Figura 4.12 mostra as isothermas de adsorção do tomate em pó, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40°C, com o modelo de Smith ajustado às curvas experimentais. Vê-se, nas curvas obtidas com este modelo, que para atividades de água acima de 0,6 as maiores umidades de equilíbrio correspondem à temperatura de 10°C e, em atividades de água acima de 0,7, a curva referente à temperatura de 40°C fica sobreposta à curva de 20°C.



**Figura 4.12** - Isothermas de adsorção do tomate em pó, ajuste pelo modelo de Smith

## 5 - CONCLUSÕES

- Entre o tomate *in natura* e o tomate em pó ocorreram aumentos na acidez total titulável, no teor de cinzas, nas cinzas insolúveis em ácido clorídrico, nos açúcares redutores e no extrato alcoólico. O teor de ácido ascórbico do tomate em pó aumentou em cerca de 8,5 vezes em relação ao do tomate fresco, passando de 33,7 mg/100g para 287,9 mg/100g. A umidade no tomate foi reduzida de 94,89% para 13,85%.

- Durante o armazenamento do tomate em pó para o tratamento controle e para o tratamento com antiumectante (fosfato tricálcico) não houve alteração nos parâmetros ácido ascórbico, acidez total titulável, cinzas, sólidos solúveis totais (<sup>o</sup>Brix), pH e extrato alcoólico.

- A umidade do tomate em pó para o tratamento controle aumentou durante o armazenamento e para o tratamento com fosfato tricálcico permaneceu estatisticamente inalterada.

- As cinzas insolúveis em ácido clorídrico não se alteraram durante o armazenamento nas amostras do tomate em pó para o tratamento controle, diminuindo com o tempo nas amostras do tratamento com fosfato tricálcico.

- Os teores de açúcares redutores no final do armazenamento sofreram reduções em ambos os tratamentos.

- Os parâmetros de cor: luminosidade (L) diminuiu durante o tempo de armazenamento em ambos os tratamentos; a intensidade de vermelho (+a\*) e a intensidade de amarelo (+b\*) diminuíram com o tempo para o tratamento controle, enquanto que para o tratamento com fosfato tricálcico não se detectou diferença significativa.

- A temperatura influenciou a cinética de secagem das fatias de tomate, com o menor tempo de secagem atingido na temperatura de 70°C. Verificaram-se que os modelos testados de Page, Wang & Singh e Henderson se ajustaram bem as curvas experimentais de secagem, com os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) apresentando valores superiores a 0,94.

- Os modelos de Halsey, GAB e BET modificado se ajustaram bem as isotermas de adsorção de umidade do tomate em pó, apresentando coeficientes de determinação superiores a 0,97% e os desvios percentuais médios (P) de no máximo de 5,19%.

**6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGRIANUAL. **Tomate**. São Paulo: FNP – Consultoria & Agroinformativos, 2003. p. 515–522.

AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. E. New BET type multilayer sorption isotherms. Part II: modeling water sorption in foods. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**, London, v. 22, n. 4, p. 192-195, 1989.

AKANBI, C. T.; ADEYEMI, R. S.; OJO, A. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 73, n. 2, p. 157-163, 2005.

ALMEIDA JÚNIOR, J. F.; SILVA, C. A. B.; SIQUEIRA, K. B. Produção de tomate seco em conserva. In: SILVA, C. A. B.; FERNANDES, A. R. **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. cap. 10, p. 397-417.

ALSINA, O. L. S.; SILVA, O. S. E.; SANTOS, J. M. Efeitos das condições operacionais na cinética de secagem de fatias de bananas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. CD Rom.

ALVARENGA, M. A. R. Sistema de produção em campo aberto e em ambiente protegido. In: ALVARENGA, M. A. R., **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras. Ed: UFLA, 2004. P. 160-190.

ALVES, R. M. V. **Embalagem para frutas e hortaliças desidratadas e frutas secas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 12 p.

ALVES, R. M. V.; BORDIN, M. R. Estimativa da vida útil de café solúvel por modelo matemático. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 19-24 1998.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL .Rio de Janeiro: IBGE, 1999, v. 59.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 19. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 335 p.

ARAÚJO, M. E. R.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, M. M. Atividade de água em goiaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. CD.

ARGANDONA, E. J. S. **Desidratação de goiaba por imersão e secagem**. 1999. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ASCENCIO, P. G. M.; BARBOSA, P. A. E.; ASCENCIO, S. D. Elaboração de parâmetros parciais para o controle de qualidade, doseamento de ferro e de óleo essencial da *Arrabidaea* sp (*Bignoneaceae*). In: CONGRESSO CIENTÍFICO CEULP/ULBRA, 4., 2005, Palmas. **Anais...** Palmas: CEULP/ULBRA, 2005. p. 1-3.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. ed. Maryland: AOAC, 1997. 1141p.

AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Mathematical modelling of the osmotic dehydration of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 228-232, 2000.

AZZOUZ, S.; JOMAA, W.; BELGHITH, A. Drying kinetic equation of single layer of grapes. In: INTERNACIONAL DRYING SYMPOSIUM, 11, 1998, Halkidiki, Greece. **Proceedings...**Greece: A. S. Mujumdar, 1998. v. B., p.988-997.

BAKKER-ARKEMA, F. W.; BROOK, R. C.; BROOKER, D. B. **Energy and capacity performance evaluation of grain dryers**. St. Joseph: ASAE, 1978. 14 p. (ASAE Paper n. 78-3523).

BAKKER, J.; BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. F. Tristimulus measurements (CIELAB 76) of port wine colour. **Vitis**, v. 25, p. 67-78, 1986.

BANZATO, J. M.; MOURA, R. A. **Embalagem, unitização e containerização**. 2 ed. São Paulo: IMAM, 1997. v. 3. 354 p.

BARRETT, R. L. **Conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) do cultivar Gigante Kada submetido a choque a frio e armazenado com filme de PVC**. 1990. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Effect of osmotic dehydration on color of tomato during air drying. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Ingeniería de alimentos nuevas fronteras en el siglo XXI: deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas**. Valencia: UPV, 2003. v. 2, p. 429-435.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Uso de aditivos. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. p. 153-190.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BILLMEYER, F. W. J. **Textbook of polymer science**. New York: Wiley-Interscience, 1984.

BOQUET, R.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: II. Evaluation of various two-parameter models. **Journal of Food Technology**, London, v. 13, n. 4, p. 319-327, 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.º 382, de 5 de agosto de 1999. Aprova o regulamento técnico do uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 13 – molhos e condimentos.

BRASIL, C. S.; FERREIRA, A. G.; VALLE, R. M.; CORTEZ, M. F. B. FILGUEIRA, J. A. Avaliação da secagem de tomates em uma chaminé solar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD.

BROD, F. P. R.; ALONSO, L. F. T.; PARK, K. J. Secagem de produtos agrícolas. In: SEMANA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DA UNICAMP (SEMEAGRI), 11., 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Agrológica- Empresa Júnior de Engenharia Agrícola, 1999. 122p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W. e HALL, C. W. **Drying Cereal Grains.** Connecticut, The AVI Publishing Company, Inc., 1974. 265p

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Theory and simulation of grain drying: drying and storage of grains and oilseeds.** Westport: AVI Publishing Company, 1992. 214 p.

CABRAL, A. C. D.; ORTIZ, S. A.; MADI, L. F. C.; SOLER, R. M.; GAZETA, E. F. Embalagem das frutas tropicais e seus produtos. In: autores. **Aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos.** Campinas: ITAL, 1980. p. 199-296. (Série frutas tropicais).

CABRAL, A. C. D.; MADI, L. F. C.; SOLER, R. M.; ORTIZ, S. A. **Embalagem de produtos alimentícios.** São Paulo: Secretária de Indústria e Comércio, Ciências e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1983. 338 p.

CALIL, R. M.; AGUIAR, J. A. **Aditivos nos alimentos.** São Paulo: R. M. Calil, 1999.139 p.

CAMARGO FILHO, W. P. de. Perspectivas dos mercados de tomate para indústria e mesa. **Informações Econômicas,** São Paulo, v. 31, n. 5, p. 51-54, 2001.

CAMARGO, G. A. **Secagem de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) para conserva: estudo de parâmetros com base na qualidade final.** 2000. 74 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Agrícola) –Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CHEN, C. S.; CLAYTON, J. T. The effect of temperature on sorption isotherms of biological materials. **Transactions of the ASAE**, San Joseph, v. 14, n. 5, p. 927-929, 1971.

CHINNAN, M. S.; BEUCHAT, L. R. Sorption isotherms of whole cowpeas and flours. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, London, v. 18, n. 2, p. 83-88, 1985.

CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods. In: MUJUNDAR, A. S. (Ed). **Advances in drying**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1983. p. 73-102.

CHIRIFE J. Prediccion de la actividad de agua en alimentos. In: JARDIM, D. C. P. **In: I Seminário sobre atividade de água em alimentos**. Campinas: ITAL. 1987. p. 1-40.

CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 - a review. **Journal of Food Technology**, London, v. 13, n. 3, p. 159-174, 1978.

CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia de pós-colheita para frutas tropicais**. Fortaleza: Frutal/SINDIFRUTA, 2001. 27 p.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL, 1990. 320 p.

CHRIST, D. **Curvas de umidade de equilíbrio higroscópico e de secagem de canola (*Brassica napus* L. var. oleifera), e efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade das sementes**. Viçosa, 1996. p.50. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COELHO, N. R. A. **Perfil sensorial de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) seco em conserva**. 2001. 103 f. Dissertação (Mestrado em...) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.



COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de Adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus Canota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo: **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003

DAUDIN, J. D. Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides. **Sciences des Aliments**, Paris, v. 3, n. 1, p. 1-36, 1983.

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit: the influence of environment, nutrition and genotype. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 15, n. 3, p. 205-208, 1981.

DE PAULA, B.; OCHI, T.; SILVA, T. A. C.; CASTRO, F. C.; ESTEVES, T. C. F.; MOURA, M. R. L.; GREGORIO, S. R. Tomates secos processados por desidratação osmótica e infundidos em óleo de soja saborizado com ervas aromáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000.174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

DOAK, K. W. Ethylene Polymers. In: MARK, H. M.; BIKALES, N. M.; OVERBERG, C. G.; MENGES, G. **Encyclopedia of polymer science and engineering**. New York: John-Wiley & Sons, 1986. v. 6, p. 490 -494.

DOYMAZ, I. Sun drying of figs: an experimental study. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 71, n. 4, p. 403-407, 2005.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1992. 652 p.

FARIAS, E. S.; NASCIMENTO, J.; ALMEIDA, R. C.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; PEREIRA, E. A. Obtenção das isotermas do cajá. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2002. CD.

FERNANDEZ, C. S. Isotermas de sorção em substancias alimentares. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 1, Campinas, 1995. **Anais...** Campinas: FEA/ UNICAMP-CYTED-SBCTA-Ital, 1995.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. v. 2, 584 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: Editora UFV, 2000. 402 p.

FIGUEIRÊDO, R. M. F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.).** 1998. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G.; QUEIROZ, A. J. M.;GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1179-1184, 2005.

FIGUEIREZ, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos.** João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2004. 229 p.

FORTES, M.; OKOS, M. R. Drying theories, their bases and limitations as applied to foods and grains. In: MUJUNDAR, A.S. (Ed.). **Advances in drying.** New York: Science Press, 1980. p. 153-162.

FORTES, M.; OKOS, M. R. A non-equilibrium thermodynamics approach to heat and mass transfer in corn kernels. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 4, p. 756-760, 1981.

FREITAS, J. C. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Construção e teste de um secador de meios combinados para secagem de frutas. In: CONGRESSO DE

INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: CNPq/UFCG, 2004. CD.

GARCIA, E. E. C.; PADULA, M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. **Embalagens plásticas: propriedades de barreira**. Campinas: ITAL, 1989. 44 p.

GAYET, J. P.; BLEINDROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, E. E. C.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; BORDIN, M. R. **Tomate para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 34 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 13).

GIL, M. I.; CONESA, M. A.; ARTÉS, F. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n. 2, p. 199-207, 2002.

GIORDANO, L. B.; RIBEIRO, C. S. C. Origem, botânica e composição química do fruto. In: autores. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 12-17.

GIOVANELLI, G.; ZANONI, B.; LAVELLI, V.; NANI, R. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 2, p. 135-141, 2002.

GIOVANNUCCI, E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 91, n. 4, p. 317-331, 1999.

GOIS, V. A. de. **Comportamento higroscópico do mamão liofilizado com vistas ao estabelecimento de seu potencial de “caking”**. 1981. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, Essex., v. 66, n. 1, p. 35-42, 2005.

GOULD, W. A. Composition of tomatoes. In: autores. **Tomato production, processing and quality evaluation**. Westport: AVI Publishing Co., 1991. p. 344-358.

GOUVEIA, J. P. G.; NASCIMENTO, J.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, M. M.; FARIAS, E. S.; SILVA, F. L. H. Modelos matemáticos para ajuste das isotermas de dessecção da polpa de banana da variedade prata. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n. 3, p. 799-806, 2004.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIREDO, R. M. F., QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of the National Bur. of Standards**, Gaithersburg, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

GUPTA, R. G.; NATH, N. Drying of tomatoes. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 21, p. 372-376, 1984.

HALSEY, G. Physical adsorption on uniform surfaces. **Journal of Chemical Physics**, Woodbury, v. 16, n. 10, p. 931-937, 1985.

HAWLADER, M. N. A.; UDDIN, M. S.; HO, J. C.; TENG, A. B. W. Drying characteristics of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, Essex., v. 14, n. 4, p. 259-268, 1991.

HENDERSON, S. M. **Progress in developing the thin layer drying equation**. Transactions of the ASAE, 1974, p. 1167-8, 1172.

HOBSON, G. E.; DAVIES, J. N. The tomato. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruit and their products**. London: Academic Press, 1971. p. 437-482.

HONÓRIO, S. L. **Pós-colheita de produtos hortícolas**. Programa de Plasticultura para o Estado de São Paulo, 1995. p. 59-69.

IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. **Handbook of food isotherms: water sorption parameters for food and food components**. New York: Academic Press, 1982.

IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. **Handbook of food isotherms: water sorption parameters for food and food components**. Orlando: Academic Press, 1983.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo: O Instituto, 1985. v.1, 533 p.

JAIN, D.; PATHARE, P.B. Selection and evaluation of thin layer drying models for infrared radiative and convective drying of onion slices. **Biosystems Engineering**, v. 89, n. 3, p. 289-296, 2004.

KADER, A. A.; MORRIS, L. L.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT-HOLTON, M. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 103, n. 1, p. 6-13, 1978.

KAYMAK-ERTEKIN, F.; SULTANOGLU, M. Moisture sorption isotherm characteristics of peppers. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 47, n. 3, p. 225-231, 2001.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Publ., 1991. 532 p.

KEEY, R. B. Moisture: solid relationships. In: autores. **Drying principles and practices**. Oxford: editora, 1972. p. 19-49.

KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B.; TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D. Equilibrium moisture-content and heat of desorption of some vegetables. **Journal of food Engineering**, Essex, v. 20, n. 1, p. 55-74, 1993.

KIRANOUDIS, C. T.; TSAMI, E.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying kinetics of some fruits. **Drying Technology**, New York, v. 15, n. 5, p. 1399-1418, 1997.

KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying related properties of apple. **Drying Technology**, New York, v. 18, n. 6, p. 1251-1267, 2000.

LABUZA, T. P. The properties of water in relationship to water binding in food: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 1, n. 2, p. 167-1, 190, 1977.

LABUZA, T. P. An introduction to active packaging for foods. **Food Technology**, Chicago, v. 50, n. 1, p. 68-71, 1996.

LABUZA, T. P.; BREENE, W. M. Applications of active packaging for improvement of shelf-life and nutrition quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 13, n. 1, p. 1-69, 1989.

LEITE, J. C. A.; ALMEIDA, F. A. C., GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, M. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Determinação das isotermas de desorção de umidade da polpa de banana nanica utilizando modelos matemáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Moisture transfer properties of dry and semi moist foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, n. 2, p. 397-400, 1985.

LOZANO, R. D. **El color y su medición-con una introducción a la optica fisiológica y al estudio de la visión**. Buenos Aires: editora: 1977. 639 p.

LUH, B. S. Chemical and color changes in canned tomato ketchup. **Food Technology**, Chicago, v. 14, n. 3, p. 173-176, 1960.

LUH, B. S.; CHICHESTER, C. O.; CO, H.; LEONARD, S. J. Factors influencing storage stability of canned tomato paste. **Food Technology**, Chicago, v. 18, n. 4, p. 159-162, 1964.

LUIZ, A. M. **Modelos para pesquisas de secagem de meios porosos**. Rio de Janeiro: COOPE, UFRJ, 1982. 278p. (Tese de Doutorado).

MARTINS, J. H.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Introdução à teoria e simulação matemática de secagem de grãos**. Campina Grande: Núcleo de Tecnologia em Armazenagem/ UFPB. 1984.

MELONI, P. L. S. Produção de frutas desidratadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Frutal **Anais...**: Local: SBF, 2002. CD.

MEDINA, P. V. L.; MEDINA, R. M. T. Descrição bioquímica e fisiológica da maturação dos frutos do tomateiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 28, n. 155, p. 1-7, 1981.

MENGES, H. O.; ERTEKIN, C. Mathematical modeling of thin layer drying of Golden apples. **Journal of Food Engineering**, Essex, 2005.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plants and animals materials**. 2. ed. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841 p.

MOREIRA, G. C.; VIEITES, R. L.; CAMPOS, A. J.; MANOEL, L.; EVANGELISTA, R. M.. Avaliação fisiológica do tomate minimamente processado e irradiado, armazenado à vácuo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD.

MOURA, R. S. F. de. **Estudo da cinética de secagem de caju (*Anacardium occidentale* L.) em secador de leito fixo**. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

MURR, F. E. X. **Estudo comparativo dos fenômenos de secagem de batata (*Solanum tuberosum* L. Cultivar Bintje)**. 1992. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NACHTIGALL, A. M.; FONSECA, F. S.; MACHADO, M. R. G.; VENDRUSCO, C. T.; GULARTE, M. A. Desenvolvimento de tomate desidratado em conserva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v. 3, p. 11-88.

NEVES, M. J. B. **Processo de seca-aeração**. 1982. 55 f. Dissertação (Mestrado em...) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NOGUEIRA, C. M. C. C. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. 1991. 117 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, L. M.; GARCIA, E. E.C.; GARCIA, A. E.; BARBIERI, M. K. Embalagem de polipropileno para extrato de tomate: avaliação do desempenho no tratamento térmico e vida-de-prateleira do produto. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 272-284, 1991.

PADULA, M. **Goiaba (*Psidium guajava* L.) cultivar IAC-4: carotenóides e outras propriedades, mudanças durante o processamento e estocagem**. 1983. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) — Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PAGE, G. E. **Factores influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer**. MSc. Thesis, USA. Purdue University, Indiana, 1949.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2002.

PARK, K. J. **Secagem de produtos agrícolas**. Paraná, (Apontamentos do curso ministrado em Guarapuava), Paraná, Brasil, 1991.



PARK, Y. W. Determination of moisture and ash contents of food. In: NOLLET, L. M. L. **Handbook of food analysis: physical characterization and nutrient analysis**. New York: Marcel Dekker, 1996. cap. 3, p. 59-92.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isothermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326–332, 2001.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001b.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemáticos bi e tri-paramétricos na predição de isothermas de adsorção de umidade do pó de guaraná (*Paullinia cupana*). In: HÜBINGER, M.; MURR, F. X.; AGUILERA, J. M. **Propiedades físicas de los alimentos**. Valencia: CYTED, 1996. p. 291-297.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemático bi e triparametricos na predição das isothermas de adsorção de umidade de guaraná (*Paullinia cupuna*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 8-11, 2000.

PEREIRA, J. A. M.; QUEIROZ, D. M. de. **Higroscopia**. Viçosa: CENTREINAR, 1987. 28 p.

PRADO, M. E. T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L.) para a obtenção de tâmara passa**. 1998. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PRADO, M. E. T.; VILAS BOAS, E. V. de B.; SANTOS, J. C. B.; PINHEIRO, A. C. M.; MATTOS, L. M.; ARAÚJO, F. M. M.; CHITARRA, A. B.; OLIVEIRA, E. C. M. Influência do hipoclorito de sódio sobre a qualidade de abacaxis minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2000. 5p.

PUZZI, D. **Manual de armazenamento de grãos: armazéns e silos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1986. 405 p.

RAO, M. A; RIZVI, S. S. H. **Engineering properties of foods**. New York: Marcel Dekker, 1986. 398 p.

ROCKLAND, L. B. A new treatment of hygroscopic equilibria: application to Walnuts (*Juglans regia*) and other foods. **Food Research**, v. 22, p. 604-628, 1957.

RODRÍGUES, M. E. A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, M. M. Avaliação da temperatura e velocidade do ar de secagem de goiaba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 141-147, 2002.

ROMERO, P. L. M. **Estudo de pré-tratamentos para obtenção de tomate desidratado em fatias**. 1999. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ROMERO, P. L. M.; MIGUEL, M. H.; SPOGIS, N.; KIECKBUSCH, T. G. Cinética de secagem de tomates em fatias pré-tratadas: resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 25., 1997, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSC, 1997. v. 2, p. 620-627.

ROMERO-PEÑA, L. M.; KIECKBUSCH, T. G. Influência de condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 69-76, 2003.

SANGUANRI, L.; FOSTER, M.; DREW, P.; GUIRGUIS, N.; GOULD, I. Feasibility studies on processing tomato wast and dried tomato product. **Food Research Institute**, Werribee, 1993.

SELMO, M. S.; TREPTOW, R. O.; MAGNANI, M. C. B. C. Características químicas e sensoriais de anéis desidratados de maçãs submetidos a tratamentos químicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. v. 1, p. 145-147.

SILVA, F. A. S; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, C. V.; BARBOSA, C. P. I.; PAULA, M. L.; COELHO, N. R. A. Obtenção e caracterização físico-química do pó de tomate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTO, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2000. 168 p.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANÇA, F. H.; SANTOS, J. R. M. dos; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, W. L. C.; PEDREIRA, W. Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) para a industrialização. **Instruções Técnicas do CNPH**, Brasília, n. 12, p. 6-7, 1994.

SILVA, J. E. da. **Secagem de vagens de algaroba *Prosopis juliflora* (S.W) D.C em laboratório e a nível de fazenda**. 1999. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SILVA, M. M. GOUVEIA, J. P. G. de. MOURA, R. S.F.; ALMEIDA, F.A C; ARAÚJO, M.E. R. Adsorção de umidade em polpa de manga: Avaliação de modelos matemáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30,Foz do Iguaçu, **Anais...**, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2001. CD.

SILVA, M. M.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C. Dessorção e calor isostérico em polpa de manga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 123-127, 2002.

SINGH, P. C; SINGH, R. K. Application of GAB model for water sorption isotherms of food products. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 10, n. 50, p. 1-7, 1996.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Physical and chemical aspects of coffee. **Coffee Technology**, Westport, p. 527-575, 1979.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, G.S.F.; MAIA, G.A; MONTEIRO, J.C.S.; SILVA Jr., A.; S. FILHO, M.S.. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo foam -mat. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 164-170. 2001.

SOGI, D. S.; SHIVHARE, U. S.; GARG, S. K.; BAWA, A S. Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds. **Biosystems Engineering**, v. 84, n. 3, p. 297-301. 2003

SOUSA, P. H. M. **Desidratação osmótica de banana com e sem vácuo com complemento de secagem em estufa de circulação de ar**. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

STEVENS, M. A. **Tomato flavor: effects of genotype, cultural practices, and maturity at picking**. In: HAROLD, E. Pate evaluation of quality of fruits and vegetables. Westport: AVI Publishing Co., 1985. 410 p.

TAN, D. L. S.; MIYAMOTO, K.; ISHIBASHI, K.; MATSUDA, K.; SATOW, T. Thin-layer drying of sweet potato chips and pressed grates. **Transactions ASAE**, v. 44, p. 669-674, 2001.

TEIXEIRA NETO, R. O.; QUAST, D. G. **Isotermas de adsorção de umidade em alimentos**. Campinas: ITAL, v. 8, p. 141-197, 1993.

TEIXEIRA NETO, R. O.; QUAST, D. G. Isotermas de adsorção de umidade em alimentos. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 141-197, 1977.

TIJSKENS, L. M. M.; EVELO, R. G. Modelling colour of tomatoes during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 4, p. 85-98, 1993.

TRIPATHI, R. N.; NATHI, N. Effect of starch dipping on quality of dehydrated tomato slices. **Journal of Food Science and Technology**, Índia, v. 26, n. 3, p. 137-149, 1989.

UNADI, A.; FULLER, R. J.; MACMILLAN, R. H. Prediction of the equilibrium moisture content of tomatoes. *Food Australia*, v.50, n. 4, p. 200-203, 1998.

VALDÉS, M. E. Incidencia de la tecnología empleada en compuestos responsables de la calidad de un vino blanco. PhD, Universidad de Extremadura, Badajoz. 1997.

VENCATO, C. E.; MARCZAK, L. F. D.; NORENA, C. P. Z.; KITASAWA, S. Moisture sorption isotherms of organic soy protein (NGMO). In: MERCOSUR CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING, 2., Mercosur congress on process systems engineering, 4., 2005, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.CD.

VIEITES, R. L. **Conservação pós-colheita do tomate através do uso da radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente.** 1998. 131p. Tese (Livre-Docência) UNESP, Botucatu.

WANG, C. Y.; SINGH, R. P. A single layer drying equation for rough rice. **ASAE Paper**, n. 3001, 1978.

WILLS, R. H. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; MC GLASSON, W. B.; HALL, E. G. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**, 2. ed. Kensington: Australia.National Library, 1982. 161 p.

WOLF, W; SPIESS, W.; JUNG, G. **Sorption isotherms and water activity of food material.** 1. ed. London: Elsevier Science Publishing, 1985. 239 p.

WONG, D. W. S. **Química de los alimentos: mecanismos y teoría.** Zaragoza: Acribia, 1995. p. 165-215.

YOSHIDA, C. M. P. **Cinética de secagem do milho super doce.** 1997. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ZAMBON, F. R. A. **Comparação dos processos de maturação de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Rada, Mutantes Nor e Rin e seus Híbridos F.** 1984. 45 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ZAMBRANO, J; MOYEJA, J.; PACHECO, L. Efecto del estado de madurez em la composición y calidad de frutos de tomate. **Agronomia Tropical**, Venezuela, v. 46, n. 1, p. 61-72, 1995.

ZANONI, B.; PERI, C.; NANI, R.; LAVELLI, V. Oxidative heat damage to tomato halves as affected by drying. **Food Research International**, Barking, v. 31, n. 5, p. 395-401, 1999.

## **APÊNDICE A**

**Tabela A.1** - Análise de variância dos valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	6	0,12023	0,02004	2,4046 ns
Resíduo	14	0,11667	0,00833	
Total	20	0,23690		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.2** - Análise de variância dos valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,05399	0,00900	4,5425 **
Resíduo	14	0,02773	0,00198	
Total	20	0,08172		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.3** - Análise de variância dos valores médios do pH do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,00831	0,00139	0,2160 ns
Resíduo	14	0,08980	0,00641	
Total	20	0,09811		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste



**Tabela A.4** - Análise de variância dos valores médios do pH do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,23339	0,03890	1,3173 ns
Resíduo	14	0,41341	0,02953	
Total	20	0,64679		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.5** - Análise de variância dos valores médios da umidade do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	1,67873	0,27979	6,0380 **
Resíduo	14	0,64874	0,04634	
Total	20	2,32747		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.6** - Análise de variância dos valores médios da umidade do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	1,83492	0,30582	2,3951 ns
Resíduo	14	1,78759	0,12769	
Total	20	3,62251		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.7** - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	1874,64933	312,44155	1,1817 ns
Resíduo	14	3701,52211	264,39444	
Total	20	5576,17144		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.8** - Análise de variância dos valores médios do ácido ascórbico do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	1139,88261	189,98043	2,5799 ns
Resíduo	14	1030,92472	73,63748	
Total	20	2170,80733		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.9** - Análise de variância dos valores da acidez total titulável (% ácido cítrico) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,04283	0,00714	2,4100 ns
Resíduo	14	0,04147	0,00296	
Total	20	0,08430		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.10** - Análise de variância dos valores da acidez total titulável (% ácido cítrico) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,80421	0,13403	4,0699 *
Resíduo	14	0,46107	0,03293	
Total	20	1,2652		

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.11** - Análise de variância dos valores médios das cinzas (%) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,06304	0,01051	0,7982 ns
Resíduo	14	0,18429	0,01316	
Total	20	0,24733		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.12** - Análise de variância dos valores médios das cinzas (%) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,12257	0,02043	5,4050**
Resíduo	14	0,05292	0,00378	
Total	20	0,17549		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.13** - Análise de variância dos valores das cinzas insolúveis em ácido clorídrico (%) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,00398	0,00066	2,5186 ns
Resíduo	14	0,00369	0,00026	
Total	20	0,00766		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.14** - Análise de variância dos valores das cinzas insolúveis em ácido clorídrico (%) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	0,01143	0,00191	375,7497 **
Resíduo	14	0,00007	0,00001	
Total	20	0,01150		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.15** - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores (% glicose) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	31,17906	5,19651	15,0112 **
Resíduo	14	4,84646	0,34618	
Total	20	36,02552		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.16** - Análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores (% glicose) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	72,85407	12,14235	63,7295 **
Resíduo	14	12,66741	0,19053	
Total	20	75,52148		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.17** - Análise de variância dos valores médios do extrato alcoólico (%) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	17,07745	2,84624	2,3668 ns
Resíduo	14	16,83607	1,20258	
Total	20	33,91351		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.18** - Análise de variância dos valores médios do extrato alcoólico (%) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	13,81283	2,30214	4,8928 **
Resíduo	14	6,58720	0,47051	
Total	20	20,40003		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.19** - Análise de variância dos valores médios da luminosidade do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	294,17896	49,02983	214,2480 **
Resíduo	14	3,20385	0,22885	
Total	20	297,38280		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.20** - Análise de variância dos valores médios da luminosidade do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	304,88571	50,81428	93,2801 **
Resíduo	14	7,62650	0,54475	
Total	20	312,51220		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.21** - Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	11,35196	1,89199	6,7585 **
Resíduo	14	3,91918	0,27994	
Total	20	15,27114		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.22** - Análise de variância dos valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	3,69149	0,61525	1,0483 ns
Resíduo	14	8,21628	0,58688	
Total	20	11,90776		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.23** - Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) do tomate em pó, durante o armazenamento, para o tratamento controle

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	19,73660	3,28943	10,3102 **
Resíduo	14	4,46665	0,31905	
Total	20	24,20325		

\*\* - significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

**Tabela A.24** - Análise de variância dos valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) do tomate em pó durante o armazenamento, para o tratamento fosfato

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	6	8,72498	1,45416	1,6598 ns
Resíduo	14	12,26571	0,87612	
Total	20	20,99069		

ns - não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q.. - Soma dos quadrados; Q.M.. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste

## **APÊNDICE B**



**Tabela B.1** - Dados experimentais da cinética de secagem das fatias de tomate a 50°C

<b>Tempo (min)</b>	<b>RU 1</b>	<b>RU 2</b>	<b>RU 3</b>	<b>RU 4</b>	<b>Média</b>
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
15	0,9881	0,9900	0,9878	0,9861	0,9880
30	0,9701	0,9773	0,9732	0,9708	0,9729
45	0,9514	0,9628	0,9579	0,9543	0,9566
60	0,9312	0,9467	0,9420	0,9356	0,9389
90	0,8897	0,9133	0,9062	0,8968	0,9015
120	0,8537	0,8829	0,8743	0,8625	0,8684
150	0,8143	0,8486	0,8403	0,8247	0,8320
180	0,7401	0,7827	0,7723	0,7524	0,7619
210	0,7045	0,7517	0,7407	0,7188	0,7289
240	0,6912	0,7386	0,7282	0,7042	0,7156
270	0,6713	0,7223	0,7112	0,6872	0,6980
300	0,6381	0,6922	0,6788	0,6536	0,6657
330	0,6033	0,6614	0,6469	0,6197	0,6328
390	0,5300	0,5955	0,5782	0,5439	0,5619
450	0,4679	0,5413	0,5215	0,4828	0,5034
510	0,3803	0,4548	0,4350	0,3897	0,4150
570	0,2506	0,3121	0,3252	0,2466	0,2836
630	0,1809	0,2491	0,2641	0,1816	0,2189
690	0,1247	0,1941	0,2071	0,1256	0,1629
750	0,0690	0,1432	0,1518	0,0791	0,1108
810	0,0213	0,0948	0,1012	0,0360	0,0633
870	0,0078	0,0775	0,0810	0,0212	0,0469

**Tabela B.2** - Dados experimentais da cinética de secagem das fatias de tomate a 60°C

<b>Tempo (min)</b>	<b>RU 1</b>	<b>RU 2</b>	<b>RU 3</b>	<b>RU 4</b>	<b>Média</b>
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
15	0,9884	0,9867	0,9869	0,9847	0,9867
30	0,9645	0,9583	0,9648	0,9575	0,9613
45	0,9345	0,9246	0,9347	0,9233	0,9293
60	0,9042	0,8889	0,9046	0,8862	0,8960
75	0,8751	0,8537	0,8765	0,8494	0,8637
90	0,8460	0,8183	0,8500	0,8137	0,8320
105	0,8241	0,7854	0,8232	0,7745	0,8018
120	0,8092	0,7474	0,7972	0,7454	0,7748
135	0,7482	0,7128	0,7710	0,7224	0,7386
150	0,7185	0,6830	0,7519	0,6966	0,7125
165	0,6818	0,6439	0,7278	0,6679	0,6804
180	0,6497	0,6144	0,7084	0,6445	0,6543
195	0,6276	0,5912	0,6935	0,6281	0,6351
210	0,5912	0,5484	0,6660	0,5993	0,6012
240	0,5406	0,5044	0,6317	0,5595	0,5591
270	0,4876	0,4528	0,5939	0,5131	0,5119
300	0,4349	0,4058	0,5509	0,4657	0,4643
330	0,3732	0,3442	0,4919	0,4026	0,4030
360	0,2762	0,2578	0,4033	0,3082	0,3114
390	0,2177	0,2025	0,3374	0,2489	0,2516
420	0,1827	0,1744	0,3001	0,2145	0,2179
450	0,1446	0,1435	0,2638	0,1806	0,1831
480	0,1088	0,1135	0,2277	0,1495	0,1499
510	0,0814	0,0865	0,1925	0,1210	0,1204
540	0,0532	0,0621	0,1594	0,0941	0,0922
570	0,0322	0,0443	0,1272	0,0710	0,0687
600	0,0197	0,0310	0,1030	0,0501	0,0510
630	0,0092	0,0171	0,0705	0,0261	0,0307
660	0,0037	0,0080	0,0467	0,0144	0,0182
690	0,0005	0,0023	0,0285	0,0045	0,0090

**Tabela B.3** - Dados experimentais da cinética de secagem das fatias de tomate a 70°C

<b>Tempo (min)</b>	<b>RU 1</b>	<b>RU 2</b>	<b>RU 3</b>	<b>RU 4</b>	<b>Média</b>
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9564	0,9770	0,9866	0,9820	0,9755
20	0,9102	0,9329	0,9599	0,9443	0,9368
30	0,8623	0,8891	0,9279	0,9062	0,8964
40	0,8204	0,8471	0,8948	0,8674	0,8574
50	0,7776	0,8097	0,8623	0,8301	0,8199
60	0,7359	0,7727	0,8310	0,7949	0,7836
70	0,6959	0,7377	0,8010	0,7602	0,7487
80	0,6568	0,7043	0,7716	0,7284	0,7153
90	0,6216	0,6706	0,7421	0,6954	0,6824
100	0,5858	0,6403	0,7137	0,6642	0,6510
110	0,5518	0,6078	0,6853	0,6335	0,6196
120	0,5197	0,5769	0,6561	0,5999	0,5882
130	0,4890	0,5502	0,6292	0,5738	0,5606
140	0,4602	0,5239	0,6039	0,5475	0,5339
150	0,4355	0,4984	0,5775	0,5217	0,5083
160	0,4113	0,4758	0,5537	0,4980	0,4847
170	0,3854	0,4534	0,5274	0,4738	0,4600
180	0,3600	0,4313	0,5018	0,4507	0,4360
190	0,3366	0,4093	0,4778	0,4287	0,4131
200	0,3068	0,3915	0,4545	0,4093	0,3905
210	0,2874	0,3691	0,4300	0,3848	0,3678
220	0,2665	0,3514	0,4101	0,3663	0,3486
230	0,2465	0,3342	0,3871	0,3456	0,3284
240	0,2285	0,3143	0,3664	0,3278	0,3093
250	0,2102	0,2987	0,3480	0,3090	0,2915
260	0,1936	0,2806	0,3271	0,2918	0,2733
270	0,1767	0,2643	0,3090	0,2738	0,2560
280	0,1621	0,2490	0,2914	0,2577	0,2401
290	0,1469	0,2343	0,2749	0,2421	0,2246
300	0,1173	0,2199	0,2591	0,2270	0,2058

320	0,0908	0,1908	0,2250	0,1942	0,1752
340	0,0692	0,1642	0,1974	0,1673	0,1495
360	0,0497	0,1424	0,1703	0,1431	0,1264
380	0,0261	0,1185	0,1442	0,1203	0,1023
410	0,0117	0,0897	0,1062	0,0880	0,0739
440	0,0052	0,0658	0,0754	0,0616	0,0520
470	0,0047	0,0486	0,0478	0,0369	0,0345
500	0,0024	0,0339	0,0276	0,0224	0,0216
530	0,0002	0,0024	0,0129	0,0114	0,0067
560	-0,0001	0,0137	0,0059	0,0057	0,0063
590	0,0002	0,0061	0,0046	0,0020	0,0032
620	0,0002	0,0015	0,0005	0,0003	0,0006

---

## APÊNDICE C

**Tabela C.1** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 10°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Halsey

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2338	19,9341	18,5804	1,3537	0,0679
0,3347	21,6442	22,1354	-0,4912	-0,0227
0,4314	24,4903	26,0517	-1,5614	-0,0638
0,5736	31,1671	33,6365	-2,4694	-0,0792
0,6215	38,3020	37,0342	1,2679	0,0331
0,7567	56,2787	51,5056	4,7731	0,0848
0,8206	60,2079	63,6799	-3,4720	-0,0577
0,8677	78,6365	78,1533	0,4832	0,0061

**Tabela C.2** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 20°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Halsey

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2311	19,3830	19,9211	-0,5381	-0,0278
0,3307	24,2405	23,1474	1,0932	0,0451
0,4316	27,4175	26,8206	0,5969	0,0218
0,5438	29,2783	31,8564	-2,5781	-0,0881
0,5914	33,7080	34,4852	-0,7772	-0,0231
0,7547	51,6118	48,1533	3,4585	0,0670
0,8134	56,5765	56,8237	-0,2471	-0,0044
0,8511	63,7313	64,8745	-1,1432	-0,0179

**Tabela C.3** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 30°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Halsey

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2161	18,8179	18,4308	0,3871	0,0206
0,3244	23,2109	22,1263	1,0847	0,0467
0,4317	26,3820	26,3225	0,0595	0,0023
0,5140	29,8233	30,2206	-0,3973	-0,0133
0,5603	32,7652	32,8136	-0,0484	-0,0015
0,7509	49,6687	49,8217	-0,1530	-0,0031
0,8063	55,3008	59,0195	-3,7187	-0,0672
0,8362	69,032	65,8746	3,1574	0,0457

**Tabela C.4** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 40°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Halsey

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2040	20,0173	17,4466	2,5707	0,1284
0,3160	22,1310	21,0879	1,0431	0,0471
0,4320	23,4917	25,4092	-1,9175	-0,0816
0,4842	27,1665	27,6910	-0,5245	-0,0193
0,5317	29,0050	30,0371	-1,0321	-0,0356
0,7468	46,7993	47,3119	-0,5126	-0,0110
0,7991	55,6863	55,2592	0,4271	0,0077
0,8232	60,5483	60,0815	0,4668	0,0077

**Tabela C.5** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 10°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de GAB

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2338	19,9341	18,9154	1,0187	0,0511
0,3347	21,6442	22,1416	-0,4974	-0,0230
0,4314	24,4903	25,8144	-1,3241	-0,0541
0,5736	31,1671	33,3534	-2,1863	-0,0701
0,6215	38,3020	36,8562	1,4459	0,0377
0,7567	56,2787	51,9616	4,3171	0,0767
0,8206	60,2079	64,2146	-4,0067	-0,0665
0,8677	78,6365	77,6250	1,0116	0,0129

**Tabela C.6** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 20°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de GAB

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2311	19,3830	19,8703	-0,4873	-0,0251
0,3307	24,2405	22,9543	1,2862	0,0531
0,4316	27,4175	26,5805	0,8370	0,0305
0,5438	29,2783	31,7781	-2,4998	-0,0854
0,5914	33,7080	34,5558	-0,8478	-0,0252
0,7547	51,6118	48,8507	2,7611	0,0535
0,8134	56,5765	57,2094	-0,6329	-0,0112
0,8511	63,7313	64,2301	-0,4988	-0,0078



**Tabela C.7** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 30°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de GAB

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2161	18,8179	19,5549	-0,7370	-0,0392
0,3244	23,2109	22,3033	0,9076	0,0391
0,4317	26,3820	25,904	0,4780	0,0181
0,5140	29,8233	29,5623	0,2610	0,0088
0,5603	32,7652	32,1131	0,6521	0,0199
0,7509	49,6687	49,7953	-0,1266	-0,0025
0,8063	55,3008	59,2813	-3,9805	-0,0720
0,8362	69,032	66,0745	2,9575	0,0428

**Tabela C.8** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 40°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de GAB

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2040	20,0173	18,6165	1,4008	0,0700
0,3160	22,1310	21,2788	0,8523	0,0385
0,432	23,4917	24,9771	-1,4854	-0,0632
0,4842	27,1665	27,0962	0,0703	0,0026
0,5317	29,0050	29,3630	-0,3580	-0,0123
0,7468	46,7993	47,2697	-0,4704	-0,0101
0,7991	55,6863	55,4986	0,1877	0,0034
0,8232	60,5483	60,3389	0,2094	0,0035

**Tabela C.9** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 10°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de BET modificado

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2338	19,9341	18,3418	1,5923	0,0799
0,3347	21,6442	21,1236	0,5206	0,0241
0,4314	24,4903	24,7148	-0,2245	-0,0092
0,5736	31,1671	32,8883	-1,7212	-0,0552
0,6215	38,3020	36,9076	1,3944	0,0364
0,7567	56,2787	53,9781	2,3006	0,0409
0,8206	60,2079	65,7342	-5,5263	-0,0918
0,8677	78,6365	75,8740	2,7625	0,0351

**Tabela C.10** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 20°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de BET modificado

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2311	19,3830	18,9689	0,4141	0,0214
0,3307	24,2405	21,7902	2,4503	0,1011
0,4316	27,4175	25,6348	1,7827	0,0650
0,5438	29,2783	31,6941	-2,4158	-0,0825
0,5914	33,7080	35,0339	-1,3259	-0,0393
0,7547	51,6118	50,7783	0,8335	0,0161
0,8134	56,5765	57,9644	-1,3879	-0,0245
0,8511	63,7313	62,8699	0,8614	0,0135

**Tabela C.11** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 30°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de BET modificado

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2161	18,8179	18,3481	0,4698	0,0250
0,3244	23,2109	21,2891	1,9218	0,0828
0,4317	26,3820	25,3009	1,0811	0,0410
0,5140	29,8233	29,5308	0,2925	0,0098
0,5603	32,7652	32,5328	0,2324	0,0071
0,7509	49,6687	51,8201	-2,1514	-0,0433
0,8063	55,3008	59,8324	-4,5316	-0,0819
0,8362	69,032	64,5462	4,4858	0,0650

**Tabela C.12** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 40°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de BET modificado

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2040	20,0173	17,4927	2,5246	0,1261
0,3160	22,1310	20,3567	1,7743	0,0802
0,432	23,4917	24,5029	-1,0112	-0,0430
0,4842	27,1665	26,9534	0,2131	0,0078
0,5317	29,0050	29,6120	-0,6070	-0,0209
0,7468	46,7993	49,0321	-2,2328	-0,0477
0,7991	55,6863	55,8673	-0,1810	-0,0032
0,8232	60,5483	59,2559	1,2924	0,0213

**Tabela C.13** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 10°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Oswin

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2338	19,9341	12,1394	7,7947	0,3910
0,3347	21,6442	18,1064	3,5378	0,1635
0,4314	24,4903	24,4276	0,0627	0,0026
0,5736	31,1671	35,3130	-4,1459	-0,1330
0,6215	38,3020	39,6102	-1,3082	-0,0342
0,7567	56,2787	54,8361	1,4426	0,0256
0,8206	60,2079	64,9726	-4,7647	-0,0791
0,8677	78,6365	75,0597	3,5768	0,0455

**Tabela C.14** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 20°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Oswin

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2311	19,3830	13,4028	5,9802	0,3085
0,3307	24,2405	19,5495	4,6910	0,1935
0,4316	27,4175	26,0955	1,3220	0,0482
0,5438	29,2783	33,8913	-4,6130	-0,1576
0,5914	33,7080	37,4221	-3,7141	-0,1102
0,7547	51,6118	51,2354	0,3765	0,0073
0,8134	56,5765	57,3423	-0,7657	-0,0135
0,8511	63,7313	61,8961	1,8352	0,0288

**Tabela C.15** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 30°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Oswin

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2161	18,8179	12,2119	6,6060	0,3510
0,3244	23,2109	18,8495	4,3614	0,1879
0,4317	26,3820	25,9099	0,4722	0,0179
0,5140	29,8233	31,7663	-1,9430	-0,0652
0,5603	32,7652	35,283	-2,5178	-0,0768
0,7509	49,6687	52,5936	-2,9249	-0,0589
0,8063	55,3008	59,1973	-3,8965	-0,0705
0,8362	69,032	63,3503	5,6817	0,0823

**Tabela C.16** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 40°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Oswin

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2040	20,0173	11,31182	8,7055	0,4349
0,3160	22,1310	17,95369	4,1773	0,1888
0,432	23,4917	25,28698	-1,7953	-0,0764
0,4842	27,1665	28,78419	-1,6177	-0,0595
0,5317	29,0050	32,10158	-3,0966	-0,1068
0,7468	46,7993	49,76273	-2,9634	-0,0633
0,7991	55,6863	55,26117	0,4251	0,0076
0,8232	60,5483	58,10679	2,4415	0,0403

**Tabela C.17** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 10°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Smith

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2338	19,9341	16,0017	3,9324	0,1973
0,3347	21,6442	20,7034	0,9408	0,0435
0,4314	24,4903	25,9330	-1,4427	-0,0589
0,5736	31,1671	35,5157	-4,3486	-0,1395
0,6215	38,3020	39,4834	-1,1814	-0,0308
0,7567	56,2787	54,1979	2,0808	0,0370
0,8206	60,2079	64,3426	-4,1347	-0,0687
0,8677	78,6365	74,4830	4,1535	0,0528

**Tabela C.18** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 20°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Smith

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2311	19,3830	18,5769	0,8061	0,0416
0,3307	24,2405	22,3432	1,8973	0,0783
0,4316	27,4175	26,7794	0,6381	0,0233
0,5438	29,2783	32,7491	-3,4708	-0,1185
0,5914	33,7080	35,7407	-2,0327	-0,0603
0,7547	51,6118	49,5933	2,0185	0,0391
0,8134	56,5765	57,0187	-0,4422	-0,0078
0,8511	63,7313	63,1459	0,5854	0,0092

**Tabela C.19** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 30°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Smith

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2161	18,8179	17,1419	1,6760	0,0891
0,3244	23,2109	21,5698	1,6411	0,0707
0,4317	26,3820	26,7206	-0,3385	-0,0128
0,5140	29,8233	31,3796	-1,5563	-0,0522
0,5603	32,7652	34,3611	-1,5959	-0,0487
0,7509	49,6687	51,284	-1,6153	-0,0325
0,8063	55,3008	58,7753	-3,4745	-0,0628
0,8362	69,032	63,7685	5,2635	0,0762

**Tabela C.20** - Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do tomate em pó a 40°C, resíduos e erros relativos, calculados para o modelo de Smith

$a_w$	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórica		
0,2040	20,0173	16,5312	3,4861	0,1742
0,3160	22,1310	20,7536	1,3774	0,0622
0,432	23,4917	25,9281	-2,4364	-0,1037
0,4842	27,1665	28,6124	-1,4459	-0,0532
0,5317	29,0050	31,3024	-2,2974	-0,0792
0,7468	46,7993	48,4249	-1,6256	-0,0347
0,7991	55,6863	54,8673	0,8190	0,0147
0,8232	60,5483	58,4255	2,1228	0,0351