



**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**

ARMAZENABILIDADE DE PIMENTÃO EM PÓ

DANIELY MEDEIROS ARLINDO

Campina Grande – Paraíba

SETEMBRO 2005

ARMAZENABILIDADE DE PIMENTÃO EM PÓ

DANIELY MEDEIROS ARLINDO

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^a. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

Campina Grande – Paraíba

SETEMBRO, 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A723a Arlindo, Daniely Medeiros
2005 Armazenabilidade de pimentão em pó / Daniely Medeiros Arlindo. — Campina Grande, 2005.
89f. : 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— Pimentão 2— Secagem 3— Armazenamento I— Título

CDU 635.64:649:66.047.65



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

DANIELY MEDEIROS ARLINDO

ARMAZENABILIDADE DE PIMENTÃO EM PÓ

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Alexandre J M Queiroz
Dr. Alexandre José de M. Queiroz-Orientador

APROVADO

Rossana Maria F. de Figueiredo
Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo-Orientadora

Aprovada

Vimário Simões Silva
Dr. Vimário Simões Silva-Examinador

Aprovado

Mário Eduardo R.M. Cavalcanti Mata
Dr. Mário Eduardo R.M. Cavalcanti Mata-Examinador

APROVADO

SETEMBRO - 2005

DEDICO

A meus pais, Francisco e Lúcia, por todo amor e dedicação.

A meus irmãos, Danilo e Júnior, pela amizade e apoio.

A meu avô, José Martins, pelo carinho e prazer da convivência.

A Janúncio, pelo amor, cumplicidade, apoio e paciência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida, guiando meus passos e iluminando meu caminho.

A meus pais, Francisco Arlindo dos Santos e Maria Lúcia Medeiros Arlindo, por tudo que me propiciaram na vida.

A meus irmãos, Danilo e Júnior, pela amizade e companheirismo de cada dia.

A Janúncio Pessoa que, sempre esteve ao meu lado nos momentos de dificuldades e por me proporcionar os melhores dias de felicidade.

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

À CAPES, pela bolsa concedida.

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

Aos funcionários do Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos, José Paulo e Gerônimo, pelas colaborações e amizade.

Aos meus orientadores, Prof. Alexandre José de Melo Queiroz e Prof^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, pela orientação durante a realização deste trabalho.

Às Senhoras Rivanilda e Aparecida, pela atenção e ajuda, sempre que necessitei, durante todo o curso.

Aos amigos: Rosangela, Ivonete, Fatinha, Cessa, Fernanda, Neto, Adriano, Ezenildo, Jane, Robson, Marinalva, Taciana, Luciana, Ticiania, Jardel, Cleandro, Karla, Jean, Hofsky, Kelly, Charles, Marta e Marcelo, pela amizade e convivência.

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

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral	2
1.1.1. Objetivo específico	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Pimentão	3
2.2. Secagem	5
2.2.1. Períodos de secagem	7
2.2.1.1. Período inicial	7
2.2.1.2. Período de secagem a taxa constante	7
2.2.1.3. Período de secagem a taxa decrescente	8
2.2.2. Cinética de secagem	9
2.2.2.1. Modelos	10
2.3. Atividade de Água	11
2.4. Embalagem	15
2.5. Clorofila	18
2.6. Cor	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Matéria-prima	22
3.2. Processamento da matéria-prima	22
3.3. Caracterização físico-química da matéria-prima	23
3.3.1. pH	23
3.3.2. Acidez total titulável	24
3.3.3. Umidade	24
3.3.4. Ácido ascórbico	24
3.3.5. Clorofila total	24
3.3.6. Amido	24
3.3.7. Cinzas	24

3.3.8. Extrato alcoólico	25
3.3.9. Cor	25
3.4. Secagem	25
3.4.1. Curvas de secagem	26
3.4.2. Modelos matemáticos	27
3.5. Armazenamento	27
3.6. Isotermas de adsorção de umidade	28
3.6.1. Umidade de equilíbrio	29
3.6.2. Modelos matemáticos	30
3.6.2.1. Erros experimentais	31
3.7. Análise estatística	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Caracterização do pimentão <i>in natura</i>	33
4.2. Estudo do armazenamento do pimentão em pó	34
4.2.1. pH	34
4.2.2. Acidez total titulável	35
4.2.3. Umidade	37
4.2.4. Ácido ascórbico	38
4.2.5. Clorofila total	40
4.2.6. Amido	41
4.2.7. Cinzas	42
4.2.8. Extrato alcoólico	44
4.2.9. Luminosidade (L*)	45
4.2.10. Intensidade de vermelho (+a*)	46
4.2.11. Intensidade de amarelo (+b*)	48
4.3. Curvas de secagem do pimentão	49
4.4. Atividade de água	53
5. CONCLUSÕES	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
APÊNDICE A	78
APÊNDICE B	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Atividade de água das soluções saturadas de sais	29
Tabela 4.1. Caracterização físico-química do pimentão <i>in natura</i>	33
Tabela 4.2. Valores médios de pH do pimentão em pó, em diferentes embalagens, durante o armazenamento	35
Tabela 4.3. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do pimentão em pó, em diferentes embalagens, durante o armazenamento	36
Tabela 4.4. Valores médios da umidade (%) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	38
Tabela 4.5. Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	39
Tabela 4.6. Valores médios de clorofila total (mg/100g) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	41
Tabela 4.7. Valores médios de amido (%) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	42
Tabela 4.8. Valores médios de cinzas (%) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	43
Tabela 4.9. Valores médios de extrato alcoólico (%) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	45
Tabela 4.10. Valores médios da luminosidade (L*) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	46
Tabela 4.11. Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	47
Tabela 4.12. Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento	48
Tabela 4.13. Parâmetros dos modelos de Page, Henderson & Pabis e Henderson e seus respectivos coeficientes de determinação (R ²)	51
Tabela 4.14. Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U _{eq}) do pimentão em pó, em função da atividade de água (a _w), em três temperaturas	54
Tabela 4.15. Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, coeficientes de determinação (R ²) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20, 30 e 40°C	57

Tabela A.1. Análise de variância do pH do pimentão em pó durante o armazenamento	79
Tabela A.2. Análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) do pimentão em pó em embalagem de polietileno	79
Tabela A.3. Análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) do pimentão em pó em embalagem laminada	79
Tabela A.4. Análise de variância da umidade do pimentão em pó durante o armazenamento	79
Tabela A.5. Análise de variância do teor de ácido ascórbico do pimentão em pó durante o armazenamento	80
Tabela A.6. Análise de variância do teor de clorofila do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno	80
Tabela A.7. Análise de variância do teor de clorofila do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem laminada	80
Tabela A.8. Análise de variância do teor de amido do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno	80
Tabela A.9. Análise de variância do teor de amido do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem laminada	81
Tabela A.10. Análise de variância de cinzas do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno	81
Tabela A.11. Análise de variância de cinzas do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem laminada	81
Tabela A.12. Análise de variância do extrato alcoólico do pimentão em pó durante o armazenamento	81
Tabela A.13. Análise de variância dos valores médios da luminosidade do pimentão em pó durante o armazenamento	82
Tabela A.14. Análise de variância da intensidade de vermelho (+a*) do pimentão em pó durante o armazenamento	82
Tabela A.15. Análise de variância da intensidade de amarelo (+b*) do pimentão em pó durante o armazenamento	82
Tabela B.1. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Peleg, a 20°C	84

Tabela B.2. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Peleg, a 30°C	84
Tabela B.3. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Peleg, a 40°C	85
Tabela B.4. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de GAB, a 20°C	85
Tabela B.5. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de GAB, a 30°C	86
Tabela B.6. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de GAB, a 40°C	86
Tabela B.7. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Oswin, a 20°C	87
Tabela B.8. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Oswin, a 30°C	87
Tabela B.9. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Oswin, a 40°C	88
Tabela B.10. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Smith, a 20°C	88
Tabela B.11. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Smith, a 30°C	89
Tabela B.12. Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Smith, a 40°C	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Fluxograma do processamento do pimentão verde	23
Figura 3.2. Secador vertical de bandejas	26
Figura 4.1. Curvas de secagem do pimentão em fatias nas temperaturas de 50, 60, 70°C	50
Figura 4.2. Curvas de secagem experimental e preditas pelos modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis das fatias de pimentão a 50°C	52
Figura 4.3. Curvas de secagem experimental e preditas pelos modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis das fatias de pimentão a 60°C	52
Figura 4.4. Curvas de secagem experimental e preditas pelos modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis das fatias de pimentão a 70°C	53
Figura 4.5. Isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, ajustadas pelo modelo de GAB	58
Figura 4.6. Isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, ajustadas pelo modelo de Peleg	59
Figura 4.7. Isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, ajustadas pelo modelo de Oswin	60
Figura 4.8. Isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, ajustadas pelo modelo de Smith	61



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
Pós-graduação em Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

Dissertação de mestrado: Armazenabilidade de pimentão em pó

Autora: Daniely Medeiros Arlindo

Orientadores: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Prof^ª. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

RESUMO

Conduziu-se este trabalho com o objetivo de secar e estudar a estabilidade de pimentão verde em pó, mediante o armazenamento, durante 100 dias e a temperatura ambiente, em dois tipos de embalagens (polietileno e laminada). O pimentão *in natura* foi caracterizado físico-quimicamente e secado em fatias, em secador de bandejas nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. As fatias secadas a 70°C foram trituradas até a forma de pó, o qual foi utilizado no estudo do armazenamento. As características avaliadas no pimentão *in natura* e no pimentão em pó, foram pH, acidez total titulável, umidade, ácido ascórbico, clorofila total, amido, cinzas, extrato alcoólico e cor (parâmetros $L^*a^*b^*$). Determinaram-se, através do método gravimétrico estático, as isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40°C, utilizando-se soluções saturadas de sais e se ajustaram os modelos de Peleg, GAB, Oswin e Smith aos dados experimentais. O pimentão em pó, comparado com a forma *in natura*, apresentou aumento na acidez total titulável, no teor de cinzas, extrato alcoólico, amido, clorofila total e ácido ascórbico. No estudo da estabilidade dos parâmetros físico-químicos do pimentão em pó durante o armazenamento observaram-se, aos 100 dias de armazenamento, reduções nos valores de ácido ascórbico e cinzas nas amostras, em ambas as embalagens, nas quais as amostras sofreram aumento do teor de umidade mas, no parâmetro de cor, elas apresentaram redução no parâmetro luminosidade (L^*), e acréscimo na intensidade de vermelho ($+a^*$) nas duas embalagens. Os modelos de Peleg e GAB se ajustaram melhor aos dados experimentais, com coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,98 e desvios percentuais médios (P) abaixo de 5%. O menor tempo de secagem das fatias de pimentão foi obtido na temperatura de 70°C e os modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis se ajustaram satisfatoriamente às curvas de secagem do pimentão, apresentando R^2 superior a 0,99.

Palavras-chave: *Capsicum annum*, secagem, armazenamento



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
Pós-graduação em Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

M. Sc. Thesis: Storage of the green pepper powder

Author: Daniely Medeiros Arlindo

Supervisor: Alexandre José de Melo Queiroz

Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

ABSTRACT

The purpose of this study was to dehydrate green pepper, describe its physical chemistry characteristics, grind it until make powder, and analyze its stability when stored for 100 days at room temperature, in two kinds of packaging, polyethylene and laminate. The green pepper *in natura* was analyzed by pH, titratable acidity, moisture content, ascorbic acid, total chlorophyll, ash, starch, alcohol extract, and parameters of colour lightness (L^*), redness ($+a^*$) and yellowness ($+b^*$). The same analyses were made each 20 days in the green chilli pepper powder under store conditions. From the powder was determined the water adsorption isotherms, at temperature of 20, 30 and 40°C using saturated salt solutions. The data obtained by water adsorption isotherms were fitted by equations of Peleg, GAB, Oswin, and Langmuir. The green chilli pepper powder when compared with the *in natura* sample increased the titratable acidity, ash, alcohol extract, starch, total chlorophyll and ascorbic acid. In the stability analyze of physical chemistry parameters of the green chilli pepper powder during the storage, it was observed, after 100 days, a decreasing at the values of ascorbic acid and ash at the samples in polyethylene and laminate package. In both packages the samples showed a decreasing in the lightness, and an increasing in the redness in both packages. The models of Peleg and GAB showed better fitted, with determination coefficient (R^2) greater than 0.9 and mean relative deviation modulus (P) less than 10%.

Key words: *Capsicum annum*, drying, storage

1 – INTRODUÇÃO

O pimentão é uma cultura de clima tropical, destacando-se entre as solanáceas pelo seu consumo e importância econômica no Brasil e no exterior, principalmente nos Estados Unidos, México, Itália, Japão e Índia. Do ponto de vista econômico interno, o pimentão se situa entre as dez hortaliças mais significativas, podendo ser consumida sob a forma de frutos verdes, maduros ou em forma de pó (SERRA & SILVA, 2004).

Um dos desafios no segmento hortícola é melhorar a eficiência do produtor rural no processo de comercialização de sua produção, momento em que ocorrem perdas pós-colheita elevadas, envolvendo questões relacionadas à conservação, que podem ser contornadas pela alteração das condições do ambiente externo, com o uso de câmaras de resfriamento e de atmosfera modificada, ou por técnicas de processamento do material, transformando um produto perecível em uma forma estável, com características mais ou menos semelhantes às do produto natural oferecendo ao consumidor, um produto de alta qualidade atendendo, assim, as suas expectativas; além disso, o consumidor se tem tornado cada vez mais exigente na escolha de sua alimentação, porém com menor tempo disponível para preparar refeições saudáveis e, como resultado, o mercado e a demanda por hortaliças processadas têm aumentado rapidamente, dando lugar à oferta de vegetais minimamente processados e desidratados.

Dentre as técnicas empregadas para manutenção da qualidade pós-colheita de vegetais, a desidratação é, atualmente, um segmento do setor de alimentos em larga expansão, sendo possível se encontrar vários produtos em exposição em supermercados (FIOREZE, 2004).

A desidratação ou secagem é um procedimento necessário para conservação de alimentos, em razão de diminuir a atividade de água. Considerando-se que os produtos vegetais são constituídos por mais de 80% de água, o processo de secagem implica na redução de custos em transporte além de prolongar a vida-de-prateleira (GABAS, 1998). As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais podem ser citadas a facilidade na conservação do produto, a estabilidade dos componentes aromáticos em temperatura ambiente por longos períodos de tempo, a proteção contra degradação enzimática e oxidativa, e a disponibilidade do produto, em qualquer época do ano.

O pimentão constitui-se em hortaliça que se presta bem à secagem, agregando vantagens de um produto que, além de se conservar em condições de uso sem refrigeração,

mantém componentes voláteis do aroma, mesmo em forma de pó, podendo ser usado como condimento pronto para consumo direto e pela indústria de alimentos, como flavorizante.

1.1 - Objetivo geral

Secar pimentão verde fatiado, em camada fina, em secador de bandejas, e estudar seu armazenamento.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar físico-quimicamente, o pimentão verde *in natura*
- Determinar a cinética de secagem das fatias de pimentão a 50, 60 e 70°C
- Triturar as amostras secadas a 70°C, e armazenar o pó durante 100 dias, em embalagens de polietileno e laminada avaliando, a cada 20 dias, o teor de umidade, cinzas, amido, clorofila, extrato alcoólico, ácido ascórbico, cor, acidez total titulável e pH
- Enfim, determinar as isotermas de adsorção de umidade da amostra em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum*) é uma solanácea perene embora cultivada como cultura anual. A planta é arbustiva, com caule semilenhoso, que pode ultrapassar 1m de altura, cujo fruto é uma baga oca, destacando-se pelo grande aproveitamento na alimentação humana, como hortaliça de acompanhamento ou na forma de pó, como flavorizante ou corante (DIAZ RODRIGUEZ, 1990). É uma das dez hortaliças mais importantes do Brasil, em termos de valor econômico. Há indicações de que, no Estado de São Paulo, a cultura ocupe área superior a 8.000 ha, com produção de 70 mil toneladas, gerando mais de 4.000 empregos, sendo o 6º produto agrícola em demanda de força de trabalho (NASCIMENTO & BOITEUX, 1992).

No Nordeste brasileiro encontram-se ótimas condições para o cultivo dessa olerícola, notadamente no Estado do Ceará, auto-suficiente na produção do pimentão. A Paraíba participa com 4,3% da produção internado pimentão, que corresponde à sexta posição (MUNIZ et al., 1987).

No Brasil, as primeiras cultivares dessa hortaliça surgiram por meio de seleções realizadas em populações possivelmente introduzidas, da Espanha e Itália. Não se sabe exatamente a época e onde se iniciou o cultivo, em maior escala, do pimentão no Brasil, porém os relatos se referem a culturas de pimentão de origem espanhola, de frutos cônicos, no início do século XX, em Mogi das Cruzes e Suzano, SP. As cultivares de pimentão podem ser classificadas, quanto à forma dos frutos, em três tipos, de acordo com a relação entre comprimento e diâmetro do fruto. O tipo “quadrado” possui comprimento igual ao diâmetro e razão igual a 1,0; o tipo “comprido” é de comprimento maior que o diâmetro, formato cônico e razão até 2,0, enquanto o tipo “intermediário” apresenta razão entre 1,0 e 1,75. O grupo quadrado é cultivado, em menor escala, nas condições brasileiras, restringindo-se sobretudo ao norte e parte do nordeste do estado do Rio Grande do Sul. No Brasil, os frutos de formato cônico de coloração verde-escuro e dos tipos intermediário e comprido, são os preferidos (SOUZA & CASALI, 1984).

A importância do pimentão está associada a duas importantes características: a primeira diz respeito à melhoria do sabor, aroma e cor, que proporciona aos alimentos, e a segunda ao seu teor elevado de vitamina C e à presença de sais minerais e vitaminas A, B e B2. O teor de vitamina C no pimentão pode chegar a até 15 g/kg de peso seco, possui cerca

de 10% de proteínas (EL SAIED, 1995) e ainda contém minerais, como Ca, Fe e P (POBLETE, 1971).

O pimentão se conserva a temperatura ambiente (25°C) por um tempo bastante curto, cerca de três dias, e a seguir os lóbulos começam a se avermelhar, caracterizando a maturação (MEDINA, 1984).

A maior parte da produção comercializada tem sido de frutos colhidos verdes, porém a demanda por frutos vermelhos e maduros vem aumentando. A industrialização na forma de páprica, um pó vermelho obtido após desidratação e moagem dos frutos, ainda é pouco praticada, porém este condimento é largamente utilizado na indústria de alimentos, sobretudo em sopas desidratadas e molhos. Para esta finalidade, colhem-se os frutos de cultivares especializadas, que apresentam intensa coloração vermelha (FILGUEIRA, 1982). O valor do pó de pimentão nos seus diversos usos é função da cor e de sua respectiva estabilidade na fase de armazenamento do produto e ambos os aspectos dependem da cultivar de que se originam (CASALI & STRINGHETA, 1984). A área cultivada no Brasil para produção de pimentão destinado ao processamento industrial na forma de pó, ainda é muito pequena (cerca de 2.000 ha) e boa parte da produção é exportada, sendo o mercado externo extremamente exigente quanto à qualidade do produto. Para atender a esta demanda, é essencial a escolha de uma cultivar adequada, de polpa grossa, alto teor de pigmentos, elevado rendimento industrial e que produza um pó com grande estabilidade; em relação ao mercado interno, o consumo de pimentão na forma desidratada se restringe basicamente, à indústria de alimentos, como condimento/tempero em sopas de preparo instantâneo e em molhos, além da venda a varejo, quando é então comercializada em pequenos frascos, como tempero. Boa parte da população brasileira desconhece a existência e a composição da páprica e sua utilidade na culinária mas existe grande potencial para uma popularização maior deste condimento (MEDINA, 1984).

A variedade All Big é de porte médio, com 50–60 cm de altura, produz frutos em sua maioria com quatro lóculos e, em menor quantidade, com três lóculos, com tamanho médio de 13 x 9cm, casca grossa e coloração verde-escuro brilhante e vermelho, quando maduros. Em geral, a colheita se inicia cerca de 55 dias após o transplante (WANDERLEY JÚNIOR et al., 2004).

No mercado, os frutos de coloração verde e vermelha, são mais aceitos, embora aqueles de cor laranja, amarela e até lilás, mais exóticos, tenham alcançado bons preços, devido à sua excentricidade. A pigmentação influencia no sabor e aroma, sendo os frutos

vermelhos considerados mais saborosos, porque são 50% mais ricos em uma substância picante denominada capsaína (FONSECA, 1986).

2.2 – Secagem

A secagem de produtos agrícolas pode ser definida como um processo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção da umidade excessiva contida no interior do produto, por meio de evaporação causada, em geral, por convecção forçada de ar aquecido, de modo a permitir a manutenção de sua qualidade durante o armazenamento, durante longos períodos de tempo (CORRÊA & AFONSO JUNIOR, 1999).

A desidratação ou secagem é um dos métodos mais antigos de preservação dos alimentos, e realizada, de modo geral, por um processo em que se utiliza energia térmica para remover parte ou quase totalidade da água. São vários os processos de desidratação, uns mais complexos que outros, mas todos com a finalidade de prolongar a vida-de-prateleira de produtos alimentícios (TRAVAGLINI et al., 2001).

O processo de secagem visa à redução do teor de água fazendo com que a atividade de água dos produtos diminua drasticamente, facilitando seu transporte, manuseio e armazenamento (BROD et al., 2001). Outra vantagem da secagem é que a matéria alimentar pode ser comercializada no período de entressafra (VASQUEZ et al., 1997).

Por meio da secagem evita-se o desperdício de alimentos, no caso de excesso de produção, além de agregar valor aos produtos agrícolas (QUEIROZ et al., 2003).

Remover água dos alimentos surgiu como forma de conservação, inibindo o crescimento de microrganismos, além de prevenir grande parte das reações bioquímicas que ocorrem na presença de umidade (FIOREZE, 2004).

A secagem de produtos perecíveis com altos teores de umidade inicial apresenta diversas vantagens, tais como: manutenção dos constituintes minerais, inibição da ação de microrganismos e utilização de embalagens mais econômicas (WOODROOF & LUH, 1975).

A importância do conhecimento dos efeitos da secagem sobre as propriedades químicas e biológicas do produto se dá em função de afetar sensivelmente os fenômenos de transferência de massa nos alimentos (CAMARGO, 2003).

Durante a secagem é necessário o fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e de um sorvedor de umidade para remover o vapor de água formado na

superfície do material a ser secado. Uma vez que o produto é posto em contato com o ar quente, ocorre transferência de calor do ar para o produto, em função da diferença de temperatura; simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto determina transferência de massa (umidade) para o ar (PARK et al., 2001).

A secagem superficial em frutas e hortaliças é uma operação unitária muito comum em vegetais processados e frescos. Durante a operação de secagem existem riscos da temperatura do secador e do tempo de residência do produto dentro do secador serem excessivos, provocando graves perdas de qualidade e vida útil, porém há equipamentos industriais que permitem controlar a temperatura do processo de secagem diminuindo os riscos de exposição do produto, a altas temperaturas (FITO et al., 2001).

Os produtos alimentícios em pó são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, tendo em vista reduzirem significativamente os custos de certas operações, como embalagem, transporte, armazenamento e conservação, elevando o seu valor agregado (COSTA et al., 2000).

Os parâmetros que influenciam a taxa de secagem com a utilização do ar forçado, são principalmente a temperatura, a umidade relativa do ar ambiente, temperatura e fluxo do ar de secagem, umidade inicial, final e de equilíbrio do produto, temperatura e velocidade do produto no secador, a variedade e o histórico do produto do plantio até a colheita (BAKKER-ARKEMA et al., 1978).

O conhecimento da umidade do material inicial e final (equilíbrio), da relação da água com a estrutura sólida e do transporte da água do interior do material até a sua superfície, possibilita fundamentar o fenômeno da secagem (BROD et al., 1999).

O fenômeno da secagem não pode ser generalizado para materiais biológicos pois possuem características próprias e propriedades que podem sofrer importantes alterações durante a secagem. A eficiência do processo de secagem está relacionada à qualidade do produto final (PARK et al., 2001).

As características específicas de cada produto associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam as condições de secagem (BROD et al., 1999).

2.2.1 – Períodos de secagem

O processo de secagem, baseado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos: no período inicial ou período de se entrar em período operacional; período de secagem a taxa constante, em que as transferências de calor e de massa na interface ar-produto governam a secagem e determinam ou estabelecem a velocidade com que o produto é secado, e período de secagem a taxa decrescente.

2.2.1.1 - Período inicial

O primeiro período representa o início da secagem, ocasião em que ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água, visto que, inicialmente, o material estava com a temperatura abaixo da temperatura de secagem; essas elevações se mantêm até o ponto em que a transferência de calor é equivalente à transferência de massa (água). A duração desse período é insignificante em relação ao período total de secagem (PARK, 1991).

2.2.1.2 – Período de secagem a taxa constante

Este fenômeno é observado em produtos nos quais a resistência externa para evaporar e remover o vapor de água da superfície para o meio, é maior que a resistência interna da migração de umidade, e se caracteriza pelo fato da superfície do material ser mantido a um nível de água similar a uma área de água livre, ou seja, a secagem ocorre de forma semelhante à água pura evaporada; portanto, é função da velocidade, temperatura e umidade do ar externo (ARAÚJO, 2001).

Este período se caracteriza pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. A transferência de massa e calor é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante (PARK, 1991).

Neste período o produto permanece com a superfície coberta por uma camada de líquido, água não ligada, e com a temperatura constante e igual à temperatura de bulbo úmido do ar. O líquido absorve calor e se vaporiza a uma taxa constante. Para alimentos, este período pode ser observado quando o potencial de secagem do ar é alto ou a umidade do produto é muito alta (CHIRIFE, 1983).

A taxa de secagem no referido período pode ser determinada através da equação de transferência de massa ou da 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 do produto evapora como água livre, sendo a pressão de vapor de água na superfície constante e igual à pressão de vapor da água pura (BROD et al., 1999).

Ressalta-se que, para os materiais biológicos, é difícil a existência deste período, de vez que as condições operacionais de secagem são tais que a resistência às transferências de massa se encontra essencialmente no interior do produto, fazendo com que a taxa de evaporação na superfície seja bem superior à taxa de reposição de umidade do interior para a superfície do material.

2.2.1.3 – Período de secagem a taxa decrescente

Este período é quase sempre o único observado na secagem dos produtos agrícolas. No momento em que a quantidade de água diminui na superfície, ocasiona um decréscimo na velocidade de secagem, dando início ao período a taxa decrescente. A complexidade dos fenômenos de secagem conduz os pesquisadores a proporem numerosas teorias e múltiplas fórmulas empíricas para predizerem a taxa de secagem (BROD et al., 1999).

Neste mesmo tempo, a quantidade da água presente na superfície do produto é menor reduzindo-se, portanto, a transferência de massa enquanto a transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nest fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado (PARK, 1991).

NOGUEIRA (1991) descreveu que o período referido ocorre desde o momento em que a concentração da água começa a diminuir na superfície do material, a velocidade de secagem diminui e a migração interna da água é que determina a taxa de secagem.

Segundo ALMEIDA (1979) e FORTES & OKOS (1980), para a maioria dos materiais granulares e sólidos porosos de modo geral este período pode ser subdividido em dois regimes: 1- a secagem ocorre em uma zona de superfície insaturada, isto é, não existe continuidade de água em toda a superfície de evaporação. A superfície de evaporação diminui e, portanto, a taxa total de evaporação da superfície também decresce; é a zona de superfície insaturada; 2- a região de vaporização localiza-se no interior do material e a

razão de secagem é controlada pelo movimento interno da água, etapa esta pouco influenciada pelas condições ambientais: é a zona de controle interno.

De acordo com CHIRIFE (1991), os principais mecanismos de transporte durante o 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 e a difusão da fase é, provavelmente, o mecanismo dominante.

2.2.2 – Cinética de secagem

VAGENAS et al. (1990) ao estudarem a secagem de alimentos verificaram que, dentre as dificuldades ou problemas encontrados durante a secagem, tem-se a complexidade da composição e estrutura do alimento. A complexidade dos fenômenos envolvidos no processo durante a secagem leva os pesquisadores a proporem numerosas teorias e fórmulas empíricas para predizerem a taxa de secagem (BROD et al., 1999).

Existem métodos empíricos, teóricos e semi-teóricos para se descrever matematicamente o processo de secagem. O método empírico é utilizado para análise de secagem usando-se dados experimentais que podem ser determinados em laboratório e na utilização da análise adimensional; geralmente, este método se baseia nas condições externas de secagem, não fornecendo indicações sobre o transporte de energia e massa no interior do produto, muito embora forneça informações práticas para elaboração de projetos (FORTES & OKOS, 1980).

Os métodos de cálculo da cinética de secagem são aplicados de modo diferente dependendo do período de secagem considerado. No período de secagem a taxa constante, as transferências de calor e de massa na interface ar-produto governam a secagem e fixam a velocidade de secagem, visto que neste período as equações definem as transferências de calor e de massa na interface ar-produto, são estabelecidas fazendo referência a uma noção de condutância de superfície, interpretada por um fenômeno de camada limite, enquanto no segundo período as transferências internas são limitantes e este período é quase sempre o único observado para secagem de produtos agrícolas e alimentícios (ALONSO, 2001).

O processo de secagem é analisado através da obtenção das curvas de secagem apresentadas na forma de umidade adimensional (x/x_0) em função do tempo, a taxa de secagem (N) em função da umidade absoluta (x) e o adimensional de água livre ($(x-x_e)/(x_0-x_e)$) em função do tempo, em que x_e é o valor da umidade de equilíbrio.

2.2.2.1 – Modelos

Os modelos matemáticos de secagem podem ser usados para prever o comportamento de secagem para determinado tipo de produto em particular; além de serem, também para determinar o efeito da mudança de certos parâmetros na eficiência da secagem ou para minimizar os custos de operação do sistema (ALMEIDA et al., 2003).

Para a modelagem das curvas de secagem, têm sido utilizadas relações matemáticas semiteóricas e empíricas. Dentre os diversos modelos utilizados para expressar este comportamento, contam-se com os de Henderson, Page e Henderson & Pabis.

Henderson

O modelo de Henderson (Eq. 2.1) é uma das equações empíricas mais utilizada para ajuste de dados experimentais de umidade de equilíbrio e para faixas mais amplas de temperatura e umidade relativa (PEREIRA 1987; BROOKER et al., 1992).

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

em que:

RU - razão de umidade

A, B, C, D - constantes do modelo

t - tempo (min)

Page

O modelo de Page (Eq. 2.2) tem sido amplamente usado para descrever o comportamento de secagem de uma ampla variedade de materiais biológicos com resultados melhores que o modelo logarítmico (TAN et al., 2001).

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

em que:

RU - razão de umidade

K, n - constantes do modelo

t - tempo (min)

Henderson & Pabis

O modelo de Henderson & Pabis (Eq. 2.3) é utilizado em vários trabalhos em que se modela o fenômeno de secagem por análise concentrada (camada fina) (ALMEIDA et al., 2003).

$$RU = Ae^{-Kt} \quad (2.3)$$

em que:

RU - razão de umidade

A, K - constantes do modelo

t - tempo (min)

2.3 - Atividade de água

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada devido à interação entre a água e o meio que o envolve, a estrutura física e à composição química dos diversos solutos, incluindo polímeros e colóides ou partículas diversas (BROD et al., 2001).

A umidade de um alimento é expressa pelo valor obtido na determinação da água total contida no mesmo, porém este valor não fornece indicações de como a água está distribuída e não permite saber se toda a água está ligada da mesma maneira. Desta forma, o conhecimento da distribuição da água no alimento é mais importante que simplesmente o conhecimento da umidade (FERREIRA & PENA, 2003)

É possível estabelecer uma relação estreita entre o teor de água livre no alimento e sua conservação. 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, na mesma temperatura (MOHSENIN, 1986).

A atividade de água (a_w) é uma medida da quantidade de moléculas de água livre ou ativa, geralmente obtida em relação à pressão de vapor da água pura; esta medida é de fundamental importância visto que, através dela, podem ser preditas reações químicas e enzimáticas além do desenvolvimento de microrganismos. A partir do conhecimento da a_w

pode-se, também, propor sistemas adequados de embalagem para um produto (CARVALHO, 1994).

A atividade de água (a_w) está relacionada à umidade do alimento, por meio de sua isoterma de sorção. Através de isotermas de sorção é possível conhecer a umidade de equilíbrio do produto quando mantido sob diferentes condições de umidade relativa do ar (PENA & KIECKBUSCH, 2003).

A determinação da atividade de água é uma das medidas mais urgentes no processamento e na análise dos materiais biológicos, em virtude da sua importância, no que diz respeito à qualidade e estabilidade. A afinidade existente entre a água e os outros componentes de um produto define sua higroscopicidade, a qual 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 isoterma é uma curva que descreve, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de certa quantidade de água sorvida por componentes do material biológico e a pressão de vapor ou umidade relativa, a dada temperatura. Esta relação depende da composição química dos alimentos (gordura, amido, açúcar, proteínas etc.). Para determinação experimental da umidade de equilíbrio torna-se necessário um ambiente com umidade relativa controlada. O método de controle da umidade relativa mais usado é aquele em que se utilizam compostos químicos, como: soluções aquosas de ácido sulfúrico e soluções de sais, em que cada solução apresenta um grau de ajuste de umidade relativa que pode ser obtido variando-se a concentração das soluções a diferentes temperaturas (PARK et al., 2001).

A isoterma de equilíbrio relacionando a umidade do alimento e a umidade relativa do ar ambiente em que este se insere, sob determinada temperatura, possibilita a obtenção do teor de água presente no material; assim, a umidade de equilíbrio do alimento em função da umidade relativa do meio fornece informações muito úteis para os processos de secagem, preservação e acondicionamento do material (MARTINS et al., 2004).

O teor de umidade de equilíbrio é a umidade que o produto atinge quando deixado por um tempo suficientemente longo em determinada condição de temperatura e umidade relativa do ar que o envolve (MARTINS et al., 2002).

Os produtos biológicos têm a propriedade de ceder ou absorver umidade do ar circundante. Para uma mesma temperatura, a umidade contida no material biológico tende a entrar em equilíbrio com a umidade relativa do ar. Tal fenômeno ocorre devido à relação entre a pressão de vapor de água do material biológico e a pressão de vapor de água do ar

ambiente. Se a pressão de vapor do material biológico for menor que a do ar, o material tenderá a absorver umidade, em situação inversa e o material cederá umidade para o ar (OLIVEIRA, 2005).

Isotermas de adsorção de umidade descrevem a quantidade de água adsorvida por um produto, em dada temperatura, em função da a_w ou da umidade relativa (GÓIS, 1981). Através das isotermas pode-se determinar a umidade na monocamada a qual, além de estar relacionada com o início de uma série de reações químicas de deterioração dos alimentos, representa o ponto de maior gasto de energia em um processo de secagem (FERREIRA & PENA, 2003).

A relação entre o teor de umidade de equilíbrio e a atividade da água constitui fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio, armazenagem, embalagem, transporte e na modelagem da vida de prateleira; e conseqüentemente, estudos têm sido feitos para obtenção de equações que expressem esta relação (BROOKER et al., 1992; MOREY et al., 1995; CHEN & JAYAS, 1998).

Não existe uma equação geral para isotermas de alimentos, em razão de que a atividade de água depende da composição dos alimentos e da interação dos diferentes constituintes com a água em condições de equilíbrio termodinâmico (WELTI-CHANES & VERGARA, 1997).

A importância da obtenção de dados experimentais de equilíbrio higroscópico dos produtos agrícolas é bem conhecida. Tendo-se em vista a significância deste, tem se empregado, nas inúmeras aplicações no campo da secagem, na armazenagem e no manuseio dos produtos agrícolas, esforços para a obtenção de equações que expressem o teor de umidade de equilíbrio para cada produto, como função da temperatura e da umidade relativa do ar (PEREIRA & QUEIROZ, 1987).

Inúmeros são os modelos matemáticos disponíveis na literatura, os quais predizem satisfatoriamente uma isoterma de adsorção de umidade em alimentos. A vantagem da utilização de modelos matemáticos na predição das isotermas de adsorção de umidade está no fato de que, com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma que, por sua vez, pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas atividades de água, pontos estes de difícil determinação experimental (PENA et al., 1997).

Um dos modelos mais usados é o de GAB (Guggenheim-Anderson-De Boer), Equação 2.4. Segundo BIZOT (1983) referido modelo de três parâmetros é uma extensão

do modelo de BET, na maioria dos casos, e consegue aproximar muito bem dados, até uma atividade de água de 0,9.

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

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

X_m - umidade na monocamada molecular

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

Oswin desenvolveu um modelo (Eq. 2.5) baseado na expansão de uma série matemática para curvas com forma sigmóide (CHIRIFE & IGLESIAS, 1978).

$$U_{eq} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (2.5)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

a e b - parâmetros de ajuste do modelo

O modelo empírico de Peleg (Eq. 2.6) é uma equação de quatro parâmetros para ajustar os dados de isotermas de sorção. A restrição para esta equação é que $n_1 > 1$ e $n_2 < 1$ (PELEG, 1993).

$$U_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (2.6)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

K_1, K_2, n_1 e n_2 - constantes do modelo

a_w - atividade de água

O modelo de Smith (Eq. 2.7) é um modelo com dois parâmetros, o qual foi desenvolvido para ajustar isotermas de sorção de vários biopolímeros (CHIRIFE & IGLESIAS, 1978).

$$U_{eq} = M_b - M_a \ln(1 - a_w) \quad (2.7)$$

em que:

a_w - atividade de água

U_{eq} - umidade de equilíbrio

M_a e M_b - parâmetros de ajuste do modelo

2.4 – Embalagem

O desenvolvimento da embalagem começa com a origem do homem, as primeiras foram utilizadas para facilitar o transporte dos alimentos, vitais à sua sobrevivência. O transporte dos alimentos era feito utilizando-se cascas, cabeças ocas e grandes conchas no transporte de líquidos e no acondicionamento de suas colheitas (BENZATO & MOURA, 1997).

Com o seu desenvolvimento, o homem sentiu a necessidade não só de transportar mas, também, de conservar, por mais tempo, os alimentos. Com o tempo, o uso da embalagem como atrativo ao comprador também se foi consolidando. O tipo de embalagem no qual o produto é acondicionado também influencia sua vida útil. As embalagens devem evitar as alterações das características sensoriais do produto, além de satisfazer as necessidades de *marketing*, custo e disponibilidade, entre outras (JAIME et al., 1998).

KOTLER (1998) define embalagem como o conjunto de atividades de design e de fabricação de um recipiente ou envoltório para um produto, cujas principais finalidades se resumem em consumo, distribuição física, transporte, exportação e armazenagem.

SHEPHERD (1993) sugere três funções básicas para a embalagem: oferecer uma maneira prática de acondicionamento, transportar o produto e oferecer proteção ao produto.

Em produtos alimentícios armazenados, o tipo de embalagem empregada influencia as reações metabólicas, diminuindo o seu ritmo, em função da modificação do microclima

criado em seu interior, constituindo-se numa barreira que impede ou dificulta o contato entre o ambiente externo e o produto (GARCIA et al., 1989).

A utilização de embalagens mantém a qualidade durante o armazenamento e leva a modificação na atmosfera, o que retarda a respiração, o amadurecimento, a senescência, a perda de clorofila, a perda de umidade, o escurecimento enzimático e, conseqüentemente, os prejuízos na qualidade, devido ao processamento (SARANTÓPOULOS, 1999).

Ao embalar o produto, ele estará sendo fracionado em unidades menores, porém mais conveniente para vendas no varejo. A embalagem torna o produto mais atrativo ao consumidor, além de lhe atribuir maior valor agregado.

OLIVEIRA & OLIVEIRA (2004) acrescentaram que uma das funções da embalagem é preservar ao máximo a qualidade do produto, criando condições que minimizem alterações químicas, bioquímicas e microbiológicas.

A especificação de embalagens para frutas e hortaliças desidratadas sensíveis a umidade, requer o conhecimento do nível de proteção oferecido pelo material da embalagem, sendo usada na estocagem em condições controladas e análises periódicas para avaliação da deterioração do produto (ALVES, 2002).

Os materiais usados nas embalagens são, geralmente, o vidro, o aço, o alumínio, os materiais celulósicos (papel, cartão e papelão) e os plásticos.

Os plásticos foram introduzidos na fabricação de embalagens no pós-guerra e englobam, entre outros filmes, sacos, tubos engradados e caixas.

Pode-se definir plástico como material que contém, como parte integrante essencial, uma ou mais substâncias orgânicas poliméricas possuindo, em geral, peso molecular elevado e consistência sólida em seu estado final permitindo, no entanto, em algum estágio de sua produção ou processamento, ser moldado sob ação de temperatura e pressão (GUITIÁN, 1995).

O uso do plástico como embalagem tem como função diminuir os ritmos metabólicos que ocorrem por meio das modificações do ar ambiental diminuindo os níveis de O₂ (KLUGE et al., 1999).

Devido ao baixo custo e aplicação diversificada, inúmeras opções de embalagens plásticas flexíveis, semi-rígidas e rígidas, estão disponíveis no mercado, com diferentes características de barreira.

Existem vários tipos de plástico: polietileno, polipropileno (PP), poliestireno (PS), poliéster, cloreto de polivinila (PVC), polietileno tereftalato (PET).

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 número elevado de opções de embalagem (CABRAL et al.,1980); suas principais vantagens são: facilidade de soldagem, baixa permeabilidade ao vapor de água, excelentes características de isolamento elétrico, inércia química (resistente a ácidos, álcalis e solventes orgânicos) e grande resistência à tração (PIERGIOVANNI, 1998).

Os polietilenos são a resina termoplástica mais utilizada no mundo, com cerca de 40% do total do mercado. Existem 2 tipos de polietileno: polietileno de alta densidade (PEAD) e polietileno de baixa densidade (PEBD). O polietileno de alta densidade teve sua produção comercial iniciada na década de 50. O principal segmento de aplicação de PEAD no Brasil é o de filmes destinados à produção de sacolas de supermercados e sacos picotados em rolos que, em 2002, corresponderam a cerca de 40% da demanda total de PEAD. O PEBD foi o primeiro a ser produzido, com baixa taxa de crescimento, principalmente pelo seu maior custo, decorrente do processo de produção em alta pressão. A principal aplicação é em filmes destinados ao empacotamento de alimentos. (GOMES et al., 2005).

Outro tipo de embalagem muito utilizado em alimentos são os laminados ou materiais flexíveis que se apresentam de duas maneiras: uma como filme único de natureza plástica, celulósica ou metálica e outra como combinação de vários filmes simples, proporcionando aumento em sua utilização; referidas combinações têm a finalidade de aumentar a barreira contra o vapor de água e gases, devido as suas características; é bastante amplo seu uso em alimentos (BUREAU & MULTON, 1995).

Com os filmes e estruturas multifolhadas fabricam-se embalagens na forma de envelopes, saches, saquinhos, sacos e outras formas mais complexas como, por exemplo, o tetraedro e o pacote auto-sustentante (PIERGIOVANNI, 1998).

Na escolha do material flexível para embalagem, deve-se levar em consideração propriedades referentes ao custo, permeabilidade ao vapor de água e aos gases e gordura, resistência, transparência, termosoldagem, encolhimento, resistência química, odor, faixa de temperatura de trabalho e toxidez (GAVA,1981).

2.5 – Clorofila

O nome clorofila foi proposto por Pilletier e Caventou em 1818, para designar a substância verde que se podia extrair das folhas com auxílio de álcool. Atualmente, esses pigmentos clorofilianos são de grande importância comercial, podendo ser utilizados tanto como pigmentos como antioxidantes (STREIT et al., 2005).

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas; ocorrem nos cloroplastos das folhas e em tecidos vegetais. As diferenças aparentes na cor do vegetal se devem à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenóides, os quais sempre acompanham as clorofilas (VON ELBE, 2000).

Segundo RIBEIRO & SERAVALLI (2004) todas as clorofilas são porfirinas, formadas pela adição de um quinto anel isocíclico ao núcleo porfina. Na natureza, são encontradas várias clorofilas cujas estruturas diferem com relação aos substituintes em torno do núcleo porfina. As clorofilas mais importantes, denominadas **a** e **b**, são encontradas sempre na proporção de 3 clorofilas **a** para cada clorofila **b** nos tecidos vegetais verdes. A clorofila **a** difere da **b**, em função do radical presente em C₃.

As clorofilas são pigmentos verdes muito comuns em legumes e várias frutas. Devido à sua cor e às propriedades físico-químicas, são também usadas como aditivos para produtos alimentícios. Esses pigmentos são quimicamente instáveis e podem ser alterados ou destruídos facilmente, modificando a percepção e a qualidade dos produtos. Em geral, as clorofilas são relativamente instáveis e sensíveis a luz, aquecimento, oxigênio e degradação química (SCHOEFS, 2002).

A clorofila é abundante, principalmente nos frutos jovens e folhas; sua degradação é causada por vários fatores, dentre os quais pode se citar alteração no pH, atividade enzimática da clorofilase, oxidantes e outros (CHITARRA & CHITARRA, 1990)

As clorofilas também são usadas como corantes naturais e antioxidantes para restabelecer o teor natural dessas moléculas, em produtos alimentares ou para preparar produtos enriquecidos. Tais pigmentos podem ser quimicamente modificados antes de serem incorporados aos alimentos, por exemplo, substituindo o Mg por Cu na clorofila (BRITTON, 1995).

As opções naturais começam a ganhar mais mercado com o veto crescente aos corantes sintéticos para alimentos. A clorofila, utilizada de modo esporádico no Brasil, é importada de fábricas de grupos da Europa, de onde é extraída da alfafa (FURTADO, 2005).

A perda da cor verde dos frutos é um indicativo do estágio de maturação; na medida em que esta desaparece, novos pigmentos vão surgindo, dentre eles os de coloração amarela, alaranjada e vermelha, consequência da queda da estrutura da clorofila, provocada principalmente por mudanças em razão da presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo, pela presença de sistemas oxidantes e pela atividade de clorofilases (AWAD, 1993).

No processo de degradação da clorofila a perda de coloração está associada à ação da clorofilase e o seu desaparecimento está relacionado à síntese de pigmentos em um aspecto que vai do amarelo ao vermelho (WATADA, 1986). O etileno promove o aumento na atividade das enzimas clorofilase e oxidantes responsáveis pela degradação da clorofila e desaparecimento da cor verde (YAMAUCHI et al., 1997).

No pimentão verde há cerca de 66% de clorofila **a** e **b** como pigmentos predominantes, responsáveis pela cor verde brilhante. À medida que o fruto amadurece e vai ocorrendo degradação das clorofilas, aumentam os carotenóides, sobretudo o fitaeno e fitoflueno. As xantofilas decrescem gradualmente durante o amadurecimento. No estágio de plena maturação predominam a capsantina, capsorubina e criptocapsaina, que são os principais pigmentos na industrialização da páprica (MEDINA, 1984).

Durante o processamento de vegetais, em especial com aplicação de calor, podem ocorrer transformações na molécula de clorofila com alterações da coloração verde brilhante. Alterações na cor de produtos vegetais podem ser avaliadas por meio de determinações químicas, quantificando o teor de pigmentos ou por meio de medidas físicas (FAVARO et al., 2000).

2.6 - Cor

Os parâmetros que definem a coloração podem ser indicativos da perda de qualidade pois, à medida que um produto muda suas características originais, seja escurecendo ou adquirindo outra tonalidade, há o comprometimento da sua aparência e, por conseguinte, da sua aceitabilidade pelo mercado consumidor (CHITARRA, 1994). No julgamento da qualidade dos produtos de origem vegetal, principalmente frutas e hortaliças, a cor é considerada um dos fatores mais significativos (KADER, 2002).

A cor é um atributo importantíssimo, tem sido utilizada como indicador e como poderosa ferramenta para avaliar a qualidade e prever a vida-de-prateleira de vegetais (TOIVONEN & DEELL, 2001).

A aceitação do produto alimentício pelo consumidor está diretamente relacionada à sua cor; esta característica sensorial, embora subjetiva, é fundamental na indução da sensação global resultante de outras características como o aroma, o sabor e a textura dos alimentos (CONSTANT et al., 2002).

A percepção da cor não se refere apenas à habilidade do homem em distinguir a luz de diferentes comprimentos de onda. A cor é o resultado produzido no cérebro pelo estímulo recebido quando a energia radiante penetra nos olhos, permitindo a distinção do verde, do azul, do vermelho e de outras cores (ANGELUCCI, 1988).

A cor é um dos principais atributos na qualidade, observada pelo consumidor e é influenciada por características intrínsecas e de processamento. A manutenção da coloração natural das hortaliças é muito importante após seu processamento (FÁVARO et al., 2000).

Alterações na cor de produtos vegetais podem ser avaliadas por meio de determinações químicas, quantificando o teor de pigmentos ou por meio de medidas físicas.

A degradação da cor a olho nu é de difícil percepção, sendo necessário portanto, o auxílio de instrumentos fotoelétricos. Denomina-se colorimetria aos métodos nos quais se aplicam as propriedades de absorção e transmissão de luz e a conversão desta energia, via filtros apropriados ou modelos matemáticos, em valores com significado em termos de percepção visual (CLYDESDALE, 1984).

Colorimetria é a ciência que estuda e quantifica como o sistema humano percebe a cor, na tentativa de especificá-la numericamente, de modo que estímulos com as mesmas especificações sob iguais condições, vistos por um observador com visão normal, são semelhantes, e números compreendidos nas especificações são funções contínuas dos parâmetros físicos que definem a energia espectral radiante do estímulo (GOMES, 2002).

Estão disponíveis no mercado vários instrumentos que fornecem a curva espectral e os parâmetros da cor, automaticamente. De acordo com RANGANNA (1977) os espectrofotômetros ou colorímetros usam faixas espectrais dirigidas à amostra e enquanto a luz refletida da amostra é medida por meio de células fotoelétricas, que transformam energia brilhante em energia elétrica. A curva espectrofotométrica caracteriza a cor do produto em que, para qual, são exigidos cálculos para determinação dos parâmetros de cor.

O sistema proposto pela “Commission Internacional de L’eclairage” (CIE) para determinação da cor é baseado na teoria dos três componentes da visão colorida, pela qual o olho possui receptores para as três cores primárias (vermelho, verde, azul) e todas as outras cores são vistas como uma mistura dessas cores. A notação de cores nesses sistemas tem por base os valores de triestímulos, que correspondem ao produto da distribuição

espectral de potência da fonte de iluminante pela reflectância espectral do objeto e pela resposta do olho humano às três cores primárias (LUPPETTI et al., 2005). No padrão CIE, a coordenada L^* expressa o grau de luminosidade da cor medida, variando de zero (preto) a 100 (branco). A coordenada a^* expressa o grau de variação entre o vermelho e o verde. A coordenada b^* expressa o grau de variação entre o azul e o amarelo (MALGARIM et al., 2005).

Os parâmetros que definem a coloração podem ser indicativos da perda de qualidade de vez que, à medida que um produto muda suas características originais, seja escurecendo, ou adquirindo outra tonalidade, dá-se o comprometimento da sua aparência e, por conseguinte, da sua aceitabilidade pelo mercado consumidor (CHITARRA, 1994).

No julgamento da qualidade dos produtos de origem vegetal, principalmente frutas e hortaliças, a cor é considerada um dos fatores mais importantes (KADER, 2002). Quando frutas e hortaliças são submetidas a processos que levam a uma desorganização na sua estrutura natural, como: descascamento, corte, trituração e injúrias diversas, o produto sofre alterações, muitas das quais decorrentes de ação enzimática, pois com o rompimento das células do vegetal as enzimas naturalmente presentes entram em contato com diversos substratos que, na presença de oxigênio, desenvolve no produto uma coloração escura, reação que, em geral, ocorre rápida e intensamente e consiste na oxidação de componentes fenólicos a ortoquinonas pela ação de uma ou múltiplas enzimas (MAISTRO, 2001).

O processo de escurecimento enzimático é desencadeado quando ocorre a operação de corte durante o processamento, em que os substratos fenólicos entram em contato com as enzimas catalisadoras de reações de oxidação, o escurecimento enzimático se dá quando os substratos fenólicos e o oxigênio se encontram em condições ideais de pH, temperatura e atividade de água. A formação de pigmentos escuros nas frutas e hortaliças acontece devido a reações secundárias resultantes da interação de quinonas, culminando na formação de pigmentos escuros (ARTES et al., 1998).

A manutenção da cor original no produto processado ou armazenado é, muitas vezes, difícil, pelas possibilidades de reação que os vários tipos de pigmentos naturais têm. (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

Do ponto de vista dos consumidores, a qualidade dos produtos secos depende, essencialmente, dos aspectos sensoriais (cor, sabor e textura), microbiológicos e nutricionais, sendo a cor o critério mais significativo em uma apreciação global do produto (ALVES & SILVEIRA, 2002).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

A etapa experimental deste trabalho foi conduzida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, no Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos no Centro de Formação de Tecnólogos (CFT), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

3.1 - Matéria-prima

Utilizaram-se pimentões verdes (*Capsicum annum* L.) da variedade All Big, adquiridos junto aos pontos de comercialização da CEASA (Central de Abastecimento) em Campina Grande.

3.2 - Processamento da matéria-prima

Os pimentões adquiridos foram transportados até as instalações do laboratório, onde passaram por uma seleção manual, eliminando-se os frutos que apresentavam injúrias e os que não apresentavam coloração predominantemente verde; em seguida, foram lavados em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 80 ppm durante 15 minutos e enxaguados em água corrente, para retirar o excesso da solução. Após escorrimento natural da água, os frutos foram cortados em anéis, com aproximadamente 1 cm de espessura; a seguir, foram divididos ao meio, retiradas as sementes e submetidos a caracterização físico-química e às etapas de secagens.

As etapas do processamento do pimentão estão representadas no fluxograma da Figura 3.1.

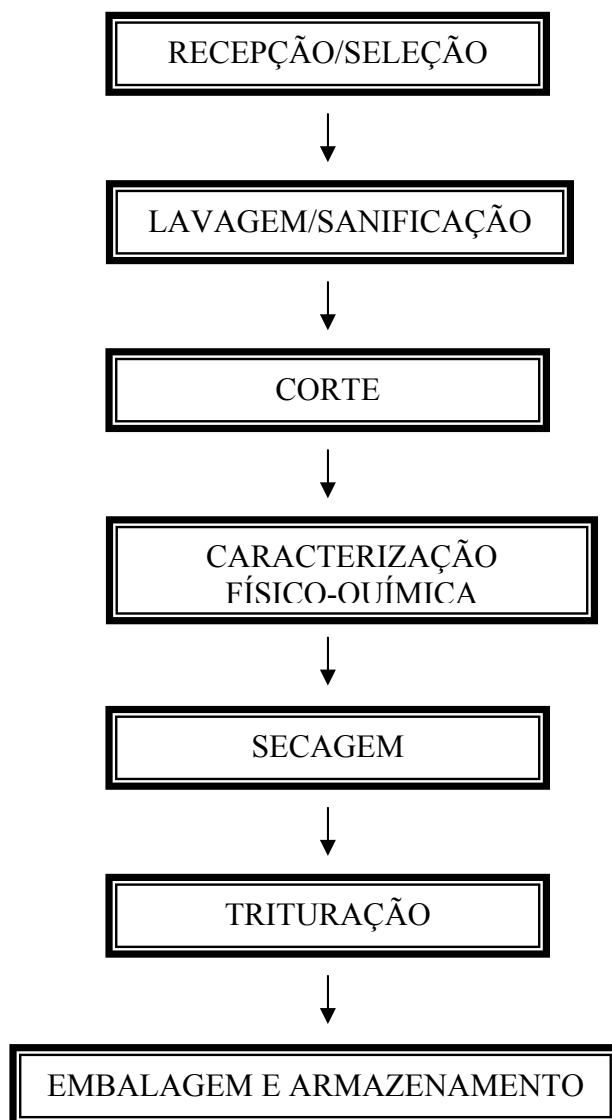


Figura 3.1 - Fluxograma do processamento do pimentão verde

3.3 - Caracterização físico-química da matéria-prima

3.3.1 - pH

A determinação do pH das amostras foi realizada através do método potenciométrico, em peagômetro da marca Analyser modelo 300M, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

3.3.2 - Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada pelo método acidimétrico da AOAC (1997), utilizando-se solução padronizada de NaOH 0,1 N. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.3.3 - Umidade

A umidade das amostras foi determinada utilizando-se cerca de 1g da amostra e levada à estufa, a 105°C, durante 24 horas.

3.3.4 - Ácido ascórbico

Na análise do teor de ácido ascórbico usou-se a metodologia da AOAC (1997) modificada por BENASSI & ANTUNES (1998) que utiliza como solução extratora o ácido oxálico e se baseia na titulação da amostra empregando-se o 2,6 diclorofenolindofenol sódio que fica com cor azul em solução alcalina e cor rosa em solução ácida.

3.3.5 - Clorofila total

Utilizou-se 1g do pó misturado em almofariz na presença de 5 ml de acetona a 80%, extraindo-se durante 24 horas no escuro a 4°C, de acordo com as modificações do método de ARNON (1949) feitas por LINDER (1974). A clorofila total foi calculada segundo a equação descrita por SILVA (1993).

3.3.6 - Amido

O amido foi determinado conforme o método descrito nas Normas Analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.3.7 – Cinzas

As cinzas foram determinadas pelo método da AOAC (1997) e os resultados expressos em percentagem.

3.3.8 - Extrato alcoólico

O extrato alcoólico foi determinado seguindo a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados foram expressos em percentagem.

3.3.9 - Cor

Os parâmetros da cor foram medidos utilizando-se um colorímetro Minolta, modelo CR 10; as leituras foram feitas em triplicata, obtendo-se os valores médios da luminosidade (L^*), de a^* definido como a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$) e de b^* que representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

3.4 - Secagem

A secagem dos pimentões em anéis divididos ao meio foi realizada em secador vertical (Figura 3.2), construído por FREITAS et al. (2004), com 40 cm de largura x 114 cm de altura contendo, em sua estrutura interna, seis bandejas, sendo três para colocação de sílica gel, com o objetivo de reduzir a umidade do ar de secagem, e três para colocação das amostras. Montou-se um esquema em uma seqüência de baixo para cima, no qual se constava, bandeja com sílica gel, bandeja com fatias de pimentão e, alternadamente, mais quatro bandejas, duas com sílica e duas com amostras. O ar de secagem foi aquecido por lâmpadas de 100 W instaladas entre as bandejas, em conjunto de quatro por bandeja, nas quatro faces internas do secador, em que as luminosidades foram ajustadas por dimmers, permitindo controlar a temperatura nas bandejas.

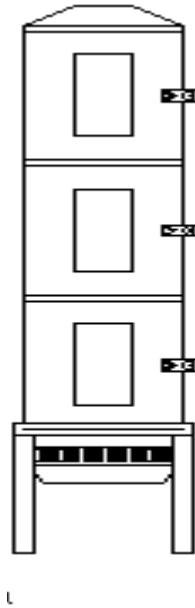


Figura 3.2 - Secador vertical de bandejas

3.4.1 – Curvas de secagem

As curvas de cinética de secagem dos pimentões foram feitas nas temperaturas 50, 60 e 70°C. Durante a secagem a diferentes temperaturas, colocaram-se 4 fatias de pimentão e se realizaram pesagens em intervalos de 10 e 20 minutos durante o processo de desidratação, até as amostras atingirem peso constante.

Após as secagens calculou-se a razão de umidade, de acordo com a Equação 3.1 e se traçaram as curvas, em função do tempo de secagem.

$$RU = \frac{x - x_e}{x_0 - x_e} \quad (3.1)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

x - umidade “absoluta” (base seca)

x_0 - umidade inicial (base seca)

x_e - umidade de equilíbrio (base seca)

Após a determinação das curvas de secagem a temperatura de 70°C, foi escolhida, para se produzir, uma quantidade grande de pimentões secos, com a finalidade de se realizar o estudo do armazenamento deste produto triturado (item 3.5).

3.4.2 - Modelos matemáticos

Os modelos de Henderson (Eq. 3.2), Page (Eq. 3.3) e Henderson & Pabis (Eq. 3.4) foram ajustados através do programa computacional Statistica versão 5.0, aos dados experimentais das curvas de cinética de secagem do pimentão, determinadas nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Henderson

$$RU = Ae^{-Bt} + Ce^{-Dt} \quad (3.2)$$

Page

$$RU = e^{-Kt^n} \quad (3.3)$$

Henderson & Pabis

$$RU = Ae^{-Kt} \quad (3.4)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

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

t - tempo (min)

3.5 - Armazenamento

As amostras secadas a 70°C foram trituradas em moinho da marca Siemens, modelo 3T H40 40-AONT.

O pimentão na forma de pó foi acondicionado em dois tipos de embalagem (polietileno de baixa densidade e laminada). A embalagem laminada se compunha de uma camada de poliéster (12µm), uma de alumínio (78µm) e outra de PEBD (12µm) com gramatura total de 90 g/m². A embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD) possuía espessura de 0,10 µm.

Foram preparados 21 sacos com 8 cm de largura e 12 cm de comprimento, para cada tipo de embalagem; em seguida, as embalagens, contendo aproximadamente 40 g de pimentão em pó, foram termosseladas e armazenadas por 100 dias, em local limpo e seco,

a temperatura ambiente, simulando as condições de prateleira de supermercado. A cada 20 dias realizaram-se análises dos parâmetros pH, acidez total titulável, umidade, ácido ascórbico, clorofila, amido, cinzas, extrato alcoólico e cor, seguindo-se as metodologias descritas no item 3.3.

Para determinação do pH do pimentão em pó, as amostras foram reconstituídas com água destilada e realizada a leitura direta em peagômetro.

3.6 - Isotermas de adsorção de umidade

Para obtenção das isotermas de adsorção de umidade do pimentão (secado a 70°C) em pó, utilizou-se o método gravimétrico estático com soluções saturadas de sais em três temperaturas, 20°C, 30°C e 40°C (Tabela 3.1). As soluções de sais foram colocadas em recipientes herméticos, contendo três cadinhos com aproximadamente 1g da amostra em cada um, permanecendo nesses ambientes até atingirem o equilíbrio em câmara do tipo B.O.D.

Tabela 3.1 - Atividade de água das soluções saturadas de sais

Sal	Temperatura (°C)		
	20	30	40
Acetato de potássio (CH ₃ COOK)	0,2311	0,2161	0,2040
Cloreto de magnésio (MgCl ₂)	0,3307	0,3244	0,3160
Carbonato de potássio (K ₂ CO ₃)	0,4316	0,4317	0,432
Nitrato de magnésio Mg(NO ₃) ₂	0,5380	0,5140	0,4842
Brometo de sódio (NaBr)	0,6021	0,5603	0,5317
Cloreto de sódio (NaCl)	0,7547	0,7509	0,7468
Sulfato de amônio (NH ₄) ₂ SO ₄	0,8134	0,8063	0,7991
Cloreto de potássio (KCl)	0,8511	0,8362	0,8232

Fonte: GREENSPAN (1977)

3.6.1 - Umidade de equilíbrio

As umidades de equilíbrio (Equação 3.5) foram calculadas em base seca, pela relação entre massa de água e massa seca das amostras, determinadas em estufa a 105°C, até peso constante.

Os cálculos dos valores da umidade de equilíbrio foram realizados para cada cadinho e se calculou, por último, a média aritmética das três repetições para cada atividade de água.

$$U_{eq} = \frac{m_{\text{água}}}{m_s} 100 \quad (3.5)$$

em que:

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

$m_{\text{água}}$ - massa de água (g)

m_s - massa seca (g)

3.6.2 - Modelos matemáticos

Os modelos de GAB (Eq. 3.6), Oswin (Eq. 3.7), Peleg (Eq. 3.8) e Smith (Eq. 3.9), foram ajustados às isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, utilizando-se o processador matemático Statistica versão 5.0.

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:

U_{eq} - atividade de água

U - umidade de equilíbrio

X_m - umidade na monocamada molecular

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

Oswin

$$U_{eq} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.7)$$

em que:

a_w - atividade de água

a e b - parâmetros de ajuste do modelo

U_{eq} - umidade de equilíbrio

Peleg

$$U_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2} \quad (3.8)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

K_1, K_2, n_1 e n_2 - constantes do modelo

a_w - atividade de água

Smith

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

em que:

a_w - atividade de água

U_{eq} - umidade de equilíbrio

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 coeficiente de determinação (R^2), o erro relativo (ε), calculado pela Equação 3.10, e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 3.11.

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

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

em que:

ε - erro relativo

P - desvio percentual médio (%)

$U_{eq (exp)}$ – umidade de equilíbrio experimental

$U_{eq (teor)}$ – umidade de equilíbrio predito pelo modelo

n - número de dados experimentais

3.7 - Análise estatística

A análise estatística das características físico-químicas avaliadas durante o armazenamento, foi realizada utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.2 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2002), em esquema fatorial 2 (embalagens: laminada e polietileno) x 6 (tempos de armazenamento) x 3 (repetições) e se usando, ainda, o delineamento inteiramente casualizado. A comparação entre médias foi feita pelo teste de Tukey.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Caracterização do pimentão *in natura*

Encontram-se, na Tabela 4.1 os resultados médios da caracterização físico-química do pimentão *in natura*, com os respectivos desvios padrões.

O pH do pimentão verde encontrado foi de 5,06, sendo ligeiramente inferior ao determinado por PILON (2003) que se situou em torno de 5,62.

O resultado médio da acidez total titulável encontrado para o pimentão *in natura* foi de 0,05% de ácido cítrico, semelhante ao valor referido por PILON (2003) que foi de 0,059% ácido cítrico.

O valor médio da umidade foi de 93,24%; este valor está em conformidade com os dados divulgados pela Embrapa sobre composição nutricional de hortaliças, que é de 92,8% para o pimentão (LUENGO et al., 2000).

O ácido ascórbico determinado neste estudo foi de 120mg/100g, valor este que está em concordância com o indicado pelo USDA (2001) que, para pimentões verdes, é de 128 mg/100g.

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

Parâmetro	Valor
pH	5,06 ± 0,00
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,05 ± 0,00
Umidade (%)	93,24 ± 0,10
Ácido ascórbico (mg/100g)	120,10 ± 0,11
Clorofila total (mg/100g)	0,64 ± 0,06
Amido (%)	3,73 ± 0,04
Cinzas (%)	0,33 ± 0,03
Extrato alcoólico (%)	0,04 ± 0,00
Luminosidade (L*)	25,36 ± 0,32
Intensidade de verde (-a*)	-0,56 ± 0,05
Intensidade de amarelo (+b*)	+22,33 ± 0,20

O teor de amido avaliado no pimentão foi de 3,73%; este resultado é superior ao relatado por BORGES et al. (1994) para banana desidratada, ou seja, de 0,79% e por

SOARES et al. (2004) para cebola, que foi de 0,16%, e muito inferior ao da mandioca, que é de aproximadamente 30% (MENDONÇA et al., 2003), considerada uma fonte rica de amido.

O extrato alcoólico foi de 0,04% resultado inferior ao relatado por PEREIRA (2005) para tomate, que obteve um valor médio de 3,11%.

A fração de cinzas obtida para o pimentão foi de 0,33%, um pouco abaixo, portanto, do valor publicado na Tabela de Composição de Alimentos (USP, 1998), em que é divulgado, para pimentão verde *in natura*, um teor de 0,38%.

Quanto ao parâmetro cor: a luminosidade (L^*) foi de 25,36; a intensidade de verde ($-a^*$) foi de -0,56 e a intensidade de amarelo ($+b^*$) foi de +22,23, verificando-se predominância da cor verde no pimentão *in natura*.

4.2 - Estudo do armazenamento do pimentão em pó

Tem-se, nas Tabelas A.1 a A.15 (Apêndice A) as análises de variância dos parâmetros avaliados (pH, acidez total titulável, umidade, ácido ascórbico, clorofila total, amido, cinzas, extrato alcoólico, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo) no estudo do armazenamento do pimentão em pó.

4.2.1 - pH

Na Tabela 4.2 estão os valores médios do pH do pimentão em pó, durante o armazenamento. Verificam-se, tanto na embalagem de polietileno quanto para a embalagem laminada, houve oscilações nos valores médios com o tempo de armazenamento. Na embalagem de polietileno, embora não se tenha diferença significativa entre o tempo zero e 80 dias, nota-se diferença significativa entre o pH no tempo zero e o pH dos demais tempos, configurando-se em aumento. Na embalagem laminada tem-se diferença estatística entre o pH do tempo zero e os demais, mantendo-se sem diferenças estatísticas entre o pH do tempo 20, 60, 80 e 100 dias.

O aumento do pH no final do armazenamento (100 dias) em relação ao início (0 dia) foi de 1% na embalagem de polietileno e de 2,1% na embalagem laminada.

Observa-se que o valor do pH diminuiu, após a secagem; antes da secagem, apresentava valor médio de 5,06 e passou, após ela, para um valor médio de 4,87,

comportamento semelhante ao encontrado por CANAPPELE et al. (2001) comparando-se os resultados médios de pH em banana, antes e após a desidratação.

Comparando-se o efeito da embalagem sobre os valores do pH para cada tempo individualmente verifica-se que o pH das amostras apresentaram diferença significativa entre as embalagens durante o armazenamento a partir dos 20 dias, indicando que o tipo de embalagem influenciou este parâmetro.

Tabela 4.2 - Valores médios de pH do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	4,82cA	4,82cA
20	4,85bB	4,91abA
40	4,86abB	4,90bA
60	4,88aB	4,92aA
80	4,83cB	4,95aA
100	4,87aB	4,92aA

DMS para colunas = 0,01; DMS para linhas = 0,01 ; MG = 4,87; CV = 0,14 %

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

Obs: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.2.2 - Acidez total titulável

Encontram-se, na Tabela 4.3 os resultados dos valores médios da acidez total titulável do pimentão em pó, nas embalagens de polietileno e laminada.

Embora ocorram oscilações na acidez ao longo do armazenamento, existe uma redução acentuada entre o valor determinado no tempo zero e os demais, prevalecendo esta redução em relação às oscilações, por ser de magnitude mais expressiva, cujo comportamento se contrapõe ao observado por GALDINO et al. (2003) para umbu em pó

armazenado 60 dias em embalagem de polietileno e laminada, nas quais não houve variação da acidez, divergindo também do comportamento constatado por BENEDETTI et al. (2002), que verificaram decréscimo no teor de acidez em pimentões verdes minimamente processados durante 10 dias, em embalagem de poliestileno.

A redução da acidez total titulável no final do armazenamento (100 dias) em relação ao início, foi de 8% na embalagem polietileno e 10,8% na embalagem laminada; a diminuição na acidez no final do armazenamento foi superior à variação do pH também no final do armazenamento. CHITARRA & CHITARRA (1990) justificam que a capacidade tampão de alguns produtos permite grandes variações na acidez sem, no entanto, ter variações apreciáveis no pH.

Tabela 4.3 - Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	3,62 a	3,62a
20	3,20d	3,18c
40	3,28c	3,04d
60	3,26c	3,31b
80	3,26c	3,02d
100	3,33b	3,23bc
DMS	0,04	0,10
MG	3,32	3,23
CV%	0,50	1,14

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

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

4.2.3 - Umidade

Na Tabela 4.4 são mostrados os valores médios de umidade do pimentão em pó nas embalagens de polietileno e laminada, nos 100 dias de armazenamento. Verifica-se que a umidade inicial 12,09% tem valor próximo ao indicado por COSTA et al. (2003) que obtiveram 13,0 e 13,3% para pós de beterraba e abóbora, respectivamente.

Nota-se que o percentual de umidade inicial (tempo zero) presente no pó de pimentão na embalagem de polietileno permaneceu inalterada até os 20 dias de armazenamento, aumentando significativamente entre 20 e 80 dias estabilizando-se dos 80 aos 100 dias. As amostras sofreram aumento de 47,15% no teor de umidade no final do período de armazenamento em relação ao período inicial.

A umidade das amostras do pimentão em pó na embalagem laminada também permaneceu estatisticamente inalterada até os 20 dias de armazenamento, aumentando significativamente dos 20 aos 100 dias. Constata-se aumento de 36,48% entre os teores de umidade inicial (tempo zero) e final (tempo 100 dias) sendo inferior ao da embalagem de polietileno, comportamento este previsível de vez que a embalagem de polietileno permite troca de umidade com o meio ambiente, além da amostra apresentar comportamento higroscópico.

FIGUEIRÊDO et al. (2001), observaram, contrariamente, que não houve tendência de acréscimo nem decréscimo da umidade do pó de acerola acondicionada em embalagem laminada ao longo de 360 dias de armazenamento. Ao estudarem a estabilidade do pó de umbu cajá durante o armazenamento a temperatura ambiente, SILVA et al. (2005), constataram que aos 60 dias de armazenamento a umidade das amostras na embalagem laminada e de polietileno aumentou em torno de 24%.

Avaliando-se o efeito das embalagens para cada tempo, individualmente, verifica-se que, exceto aos 20 dias, as amostras em embalagem laminada apresentaram valores inferiores em relação à embalagem de polietileno nos demais tempos de armazenamento em relação à manutenção dos teores de umidade, resultado de um acondicionamento melhor, proporcionado pela embalagem laminada.

Tabela 4.4 - Valores médios da umidade (%) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	12,09dA	12,09eA
20	12,60dA	12,22eA
40	15,37cA	13,46dB
60	16,15bA	14,51cB
80	17,36aA	15,67bB
100	17,79aA	16,50aB

DMS para colunas = 0,59; DMS para linhas= 0,39; MG= 14,65%; CV = 1,61%

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

Obs: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.2.4 - Ácido ascórbico

Tem-se, na Tabela 4.5, os teores de ácido ascórbico das amostras do pimentão em pó, armazenadas nas embalagens de polietileno e laminada.

Observa-se que nas duas embalagens ocorreram reduções no teor de ácido ascórbico durante o período de armazenamento, com diferença significativa entre todos os tempos. GALDINO et al. (2003), constataram perdas de cerca de 38,4% e 30,1% no teor do ácido ascórbico na polpa de umbu desidratada, aos 60 dias de armazenamento, em embalagens de polietileno e laminada, respectivamente.

KLEIN (1987), afirmou que o ácido ascórbico é um dos compostos vitamínicos que se degradam com maior facilidade, devido principalmente à ação enzimática.

Com o exposto e a evidência do alto conteúdo de vitamina C presente no pó de pimentão, justifica-se o decréscimo do teor de ácido ascórbico, possivelmente em razão da degradação oxidativa, caracterizada como escurecimento não enzimático.

Comparando-se os valores do ácido ascórbico entre as embalagens para cada tempo, individualmente, verifica-se haver diferenças significativas entre os teores em todos os tempos de armazenamento, exceto no tempo zero, e que os teores de ácido ascórbico a partir de 20 dias na embalagem laminada, foram maiores que na embalagem de polietileno. A perda de ácido ascórbico aos 100 dias de armazenamento na embalagem polietileno foi de 51,14% e, na embalagem laminada, de 21,60%.

Os valores médios de ácido ascórbico no final do armazenamento para as duas embalagens, foram de 163,43mg/100g (polietileno) e 262,22mg/100g (laminada). Apesar das reduções do teor de ácido ascórbico terem sido significativas, esses valores ainda são suficientemente grandes quando comparados com o valor da Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitamina C para adultos, de acordo com BRASIL (2005) que é de 45mg.

Tabela 4.5 - Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	334,48aA	334,48aA
20	311,40bB	328,05bA
40	256,83cB	307,51cA
60	205,13dB	298,11dA
80	189,13eB	283,56eA
100	163,43fB	262,22fA

DMS para colunas = 3,59; DMS para linhas = 2,39; MG = 272,86 mg/100g; CV = 0,52%

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

Obs: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.2.5 - Clorofila total

Na Tabela 4.6 tem-se os valores médios de clorofila total (mg/100g) do pimentão em pó durante 100 dias de armazenamento, nas embalagens de polietileno e laminada.

Constata-se não ter havido, nos dois tratamentos, diferença significativa nos teores de clorofila ao longo do armazenamento, comportamento este de acordo com o observado por BARTH et al (1993) ao armazenarem brócolis minimamente processada e armazenada. De acordo com RIBEIRO & SERAVALLI (2004) as clorofilas são alteradas quimicamente devido a vários fatores, como pH, presença de metais bivalentes, aquecimento, enzimas etc. Considerando-se que o pH do pimentão em pó aumentou no final do armazenamento em no máximo 2%, tem-se que os outros fatores mencionados por esses pesquisadores não tiveram influência no teor de clorofila das amostras.

FRANCIS (1993) mencionou que as clorofilas podem alterar-se quimicamente de várias formas, durante o processamento de alimentos, citando que a alteração mais comum é a feofitinação, que se constitui na substituição do átomo central de magnésio por hidrogênio e a conseqüente formação de feofitinas de cor verde castanho.

A média geral da clorofila do pimentão em pó foi de 1,47 mg/100g superior, portanto, ao valor determinado no pimentão *in natura*.

Tabela 4.6 - Valores médios de clorofila total (mg/100g) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	1,47a	1,47a
20	1,49a	1,41a
40	1,40a	1,37a
60	1,49a	1,33a
80	1,29a	1,44a
100	1,35a	1,42a
DMS	0,28	0,30
MG	1,41	1,41
CV%	7,44	7,96

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

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

4.2.6 - Amido

A Tabela 4.7 apresenta os valores médios do amido do pimentão em pó durante 100 dias de armazenamento, nas embalagens de polietileno e laminada. Verifica-se que o teor de amido inicial é de 35,69% valor superior ao obtido por SOARES et al. (2001) que foi de 28,07% para pó de acerola e aos determinados por MELO et al. (1998) de 16,07 e 17,30% para amêndoa de castanha crua e tostada, respectivamente.

Vê-se que em nenhum dos dois tratamentos houve diferença significativa entre os valores médios do amido, durante o tempo de armazenamento.

Comparando-se o teor de amido do pimentão *in natura* (Tabela 4.1) com o do pimentão em pó (Tabela 4.7), constata-se que houve uma concentração expressiva do amido, no produto seco.

Tabela 4.7 - Valores médios de amido (%) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	35,69a	35,69a
20	35,58a	35,65a
40	35,80a	35,60a
60	35,56a	35,67a
80	35,67a	35,63a
100	35,48a	35,35a
DMS	0,55	0,39
MG	35,63	35,60
CV (%)	0,56	0,40

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

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

4.2.7 - Cinzas

Encontram-se, na Tabela 4.8, os valores médios das cinzas do pimentão em pó armazenado a temperatura ambiente durante 100 dias, em embalagem de polietileno e laminada.

Analisando-se os resultados dos valores médios do teor de cinzas do pimentão em pó ao longo do armazenamento, constata-se tendência de redução em seus valores médios.

Para embalagem de polietileno nota-se diferença entre os tempos zero e 20 dias, entre 20 e demais, a partir de 60 dias, e entre 40 e 100 dias. Para a embalagem laminada constata-se diferença significativa entre os valores médios das cinzas durante o armazenamento, porém com diferença significativa apenas entre os tempos zero e o tempo final (100 dias).

Observa-se, ainda, que o teor de cinzas no final do armazenamento com relação ao início, foi reduzido em 2,34% na embalagem polietileno e em 1,36% na embalagem laminada; este comportamento deve ter ocorrido em razão do aumento da umidade das amostras, provocando, conseqüentemente, uma redução nas cinzas.

Para o tempo zero, o valor das cinzas de 5,13% foi inferior ao determinado por SANTOS et al. (2002) ou seja, de 7,66% para berinjela desidratada.

Tabela 4.8 - Valores médios de cinzas (%) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	5,13a	5,13a
20	5,08b	5,13a
40	5,08bc	5,11a
60	5,04cd	5,09ab
80	5,04cd	5,09ab
100	5,01d	5,06b
DMS	0,03	0,04
MG	5,06	5,10
CV%	0,28	0,32

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

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

4.2.8 - Extrato alcoólico

Na Tabela 4.9 são mostrados os valores médios de extrato alcoólico do pimentão em pó. Nota-se que o extrato alcoólico na embalagem de polietileno se manteve estatisticamente inalterado até os 40 dias. Aos 60 e 80 dias, os valores são ligeiramente superiores aos demais porém se trata de casos isolados, não denotando tendência de comportamento com o tempo. Verifica-se que entre o tempo inicial e o tempo final não houve diferença estatística.

O extrato alcoólico das amostras do pimentão em pó na embalagem laminada se manteve estatisticamente constante durante o período de armazenamento, notando-se apenas uma diferença entre os resultados obtidos no tempo 60 dias constituindo-se, porém, um caso isolado.

Comparando-se os valores médios do extrato alcoólico entre as embalagens, nota-se que não diferiram significativamente nos tempos 0, 20 e 40 dias, tornando-se diferentes aos 60 e aos 80 dias, igualando-se novamente aos 100 dias, ou seja, último período de armazenamento. PEREIRA (2005), constatou ausência de diferença significativa nos valores médios de extrato alcoólico, para tomate em pó, durante 60 dias de armazenamento.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece, para pimentão moído, o mínimo de extrato alcoólico de 18,0% (BRASIL, 1978), estando as amostras do presente trabalho em conformidade.

Tabela 4.9 - Valores médios de extrato alcoólico (%) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	21,34cA	21,34bA
20	21,17cA	20,77bA
40	21,80cA	21,05bA
60	23,64aB	26,62aA
80	23,22abA	20,80bB
100	22,35bcA	21,57bA

DMS para colunas = 1,23; DMS para linhas = 0,82; MG= 22,14%; CV = 2,20%

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

Obs: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.2.9 - Luminosidade

Encontram-se, na Tabela 4.10, os valores médios do parâmetro de cor luminosidade (L*) do pimentão em pó nas diferentes embalagens, durante o armazenamento.

Constata-se que os valores da luminosidade das amostras em embalagem de polietileno permaneceram inalterados apenas nos primeiros 20 dias de armazenamento, diferindo estatisticamente em relação aos demais tempos. A luminosidade das amostras em embalagem laminada, da mesma forma que a de polietileno, não se alterou até 20 dias de armazenamento, diminuindo a partir de então, apresentando diferença estatística entre os tempos 40 e 60 dias, e entre os tempos 80 e 100 dias. Verifica-se, enfim, redução da luminosidade em ambas as embalagens.

A redução da luminosidade das amostras entre o tempo zero e o final do armazenamento na embalagem de polietileno, foi de 27,5% e, na embalagem laminada, de 23,2%, revelando que as maiores alterações ocorreram na embalagem de polietileno; este comportamento era previsto em razão do polietileno ser transparente, contribuindo para

uma degradação maior da cor; este valor é inferior ao determinado por GOMES (2002) que foi de 18,84% de redução no valor da luminosidade da polpa de acerola em pó, armazenada em embalagem laminada.

Comparando-se os valores médios do parâmetro luminosidade (L^*) entre as embalagens para cada tempo, individualmente, verifica-se que diferiram estatisticamente nos tempos 20, 60 e 100 dias.

De acordo com BERBARI et al. (2003) as reações de escurecimento que ocorrem durante o armazenamento são aceleradas pela presença de fatores, como luz e oxigênio.

Tabela 4.10 - Valores médios da luminosidade (L^*) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	41,70aA	41,70aA
20	40,73aB	41,70aA
40	37,06cA	37,20bA
60	38,20bA	35,96cB
80	35,60dA	35,06cA
100	30,23eB	32,03dA

DMS para colunas = 0,98; DMS para linhas = 0,65; MG = 37,26; CV = 1,04%

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

Obs: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.2.10 - Intensidade de vermelho (+a*)

Verificam-se, na Tabela 4.11, os valores médios do parâmetro de cor intensidade de vermelho para as amostras de pimentão em pó armazenado. Constata-se a alteração deste componente de cor com o processo de desidratação, passando da escala de cor verde ($a^* = -0,56$) no pimentão *in natura* para a escala de vermelho (+a*) no pimentão em pó.

Na embalagem de polietileno constata-se que houve aumento da intensidade de vermelho da amostra em todos os tempos, com relação ao tempo inicial. Verifica-se, também, que não existe diferença significativa entre os valores nos tempos 20, 80 e 100 dias nem entre 20 e 60 dias.

Observa-se, para embalagem laminada, que o valor da intensidade de vermelho no início do armazenamento difere estatisticamente dos demais tempos, não havendo diferença significativa entre os tempos 20 e 40 dias nem entre os tempos 60 e 80 dias.

Com relação ao aumento da intensidade de vermelho ocorrido entre os valores inicial e o final (100 dias) este acréscimo foi de 43,5% para a embalagem polietileno e de 42,1% para a embalagem laminada, resultado superior ao constatado por GOMES (2002), para polpa de acerola em pó, que obteve acréscimo de 35% para embalagem laminada, em 60 dias de armazenamento, e por GALDINO (2003), para polpa de umbu desidratada, que foi de 6% para embalagem de polietileno e laminada, durante 60 dias de armazenamento.

Comparando-se os resultados da intensidade de vermelho entre embalagens, verifica-se que, apesar de haver diferença significativa do tempo 20 ao tempo 80 dias, no final do armazenamento não houve diferença significativa.

Tabela 4.11 - Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	+4,90dA	+4,90dA
20	+6,63abA	+6,13cB
40	+5,53cB	+6,30cA
60	+6,30bB	+7,66aA
80	+7,16aB	+7,63aA
100	+7,03aA	+6,96bA

DMS para colunas = 0,59; DMS para linhas = 0,39; MG = 6,43; CV = 3,63%

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

Obs: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.2.11 - Intensidade de amarelo (+b*)

Analisando-se os valores médios do parâmetro de cor intensidade de amarelo (+b*) das amostras de pimentão em pó armazenadas em embalagem de polietileno, nota-se que houve diferença significativa entre o tempo 0 e o tempo final mas se tratou de valor que não representou tendência.

Com relação ao comportamento das amostras na embalagem laminada, vê-se que não houve diferença significativa entre o tempo 0 e os demais. Apesar de existir diferença significativa entre os valores aos 20 e 40 dias e entre 40 dias e 80 e 100 dias, pode-se considerar que a intensidade de amarelo permaneceu inalterada durante o armazenamento das amostras, na embalagem laminada.

Comparando-se as duas embalagens verifica-se diferença nos tempos 60 dias e no tempo final, 100 dias, não se podendo atribuir diferença de efeito entre as embalagens.

Tabela 4.12 - Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) do pimentão em pó em diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Polietileno	Laminada
0	+28,26bA	+28,26abA
20	+27,80bcA	+28,80aA
40	+26,26cdA	+26,60bA
60	+25,56dB	+28,23abA
80	+28,40bA	+29,36aA
100	+30,33aA	+28,53aB

DMS para colunas = 1,72; DMS para linhas = 1,15; MG = +28,03; CV = 2,44%

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

Obs: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade

4.3 - Curvas de secagem do pimentão

Na Figura 4.1 tem-se as curvas experimentais da secagem do pimentão nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, representadas pelo adimensional de umidade (razão de umidade) em função do tempo. As curvas de secagem apresentam-se de forma bem definida, indicando uma condição de homogeneidade no secador.

Observa-se que houve redução na razão de umidade, em função do tempo, e que na temperatura de 70°C o tempo de secagem foi menor. Verificou-se, também, que a perda de umidade foi mais rápida no início do processo de secagem, principalmente na temperatura de 70°C. Com relação à temperatura, o tempo gasto para secagem do pimentão foi de aproximadamente 9 horas, na temperatura de 70°C, de 12 horas na temperatura de 60°C e de 13 horas na temperatura de 50°C, indicando que a temperatura é uma variável que exerce influência no processo de secagem. Contrariamente ao tempo de secagem atingido ao desidratar as fatias de pimentão, TUNDE-AKINTUNDE et al. (2005) ao secarem pimentão inteiro em secador de bandejas a 60°C, determinaram um tempo de secagem de 40 horas e de 150 horas em um secador solar com temperatura média de 45°C, constatando o efeito da temperatura e do tipo de secador no tempo de secagem. KROKIDA et al. (2003) relataram, ao secarem vários tipos de vegetais, que existe uma aceleração do processo de secagem devido ao aumento da temperatura do ar de secagem, sendo a temperatura considerada o fator mais importante que governa a taxa de secagem. VEGA et al. (2003) determinaram, para o pimentão vermelho cortado em quadrados com 1cm de lado, tempos de secagem inferiores ao do presente estudo; a secagem realizada com fluxo de ar de 2,5 m/s e temperatura de 70°C teve um tempo de secagem de aproximadamente 210 min (3,5 horas) e na temperatura de 60°C de 240 min (4 horas).

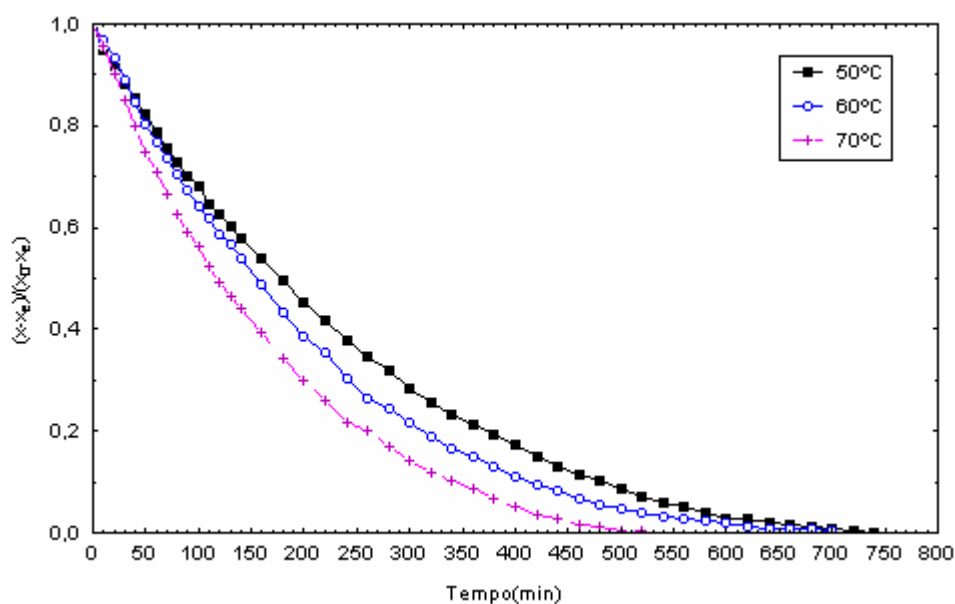


Figura 4.1 - Curvas de secagem do pimentão em fatias nas temperaturas de 50, 60 e 70°C

Encontram-se, na Tabela 4.14, os parâmetros dos modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis, ajustados às curvas de secagem experimentais das fatias de pimentão nas diferentes temperaturas e seus coeficientes de determinação (R^2).

Verifica-se que os modelos utilizados se ajustaram bem aos dados experimentais das curvas de secagem, apresentando coeficientes de determinação (R^2) com valores superiores a 0,99, podendo ser usados na predição da cinética de secagem das fatias de pimentão. Consta-se que o modelo de Page teve os maiores valores de R^2 , seguido do modelo de Henderson & Pabis e, com os menores, o modelo de Henderson, exceto na temperatura de 60°C, em que os valores do R^2 são iguais para os modelos de Henderson & Pabis e de Henderson.

SIMAL et al. (2005) ao ajustarem o modelo de Page às curvas de secagem do pimentão vermelho nas temperaturas de 50, 65 e 75°C, verificaram coeficientes de determinação superiores a 0,99 e os valores da constante do modelo n próximos a 1 variando entre 0,97 e 1,18, com tendência de aumento com o aumento da temperatura, para a constante K ; esses pesquisadores encontraram redução nos valores com o aumento da temperatura, e concluíram, ainda, que o modelo de Page pode ser utilizado com precisão para descrever as curvas de secagem do pimentão vermelho.

Verifica-se que o parâmetro K do modelo de Henderson & Pabis e os parâmetros B e D do modelo de Henderson, aumentaram com o aumento da temperatura. GUEDES & FARIA (2000) também constataram que o parâmetro K do modelo de Henderson & Pabis é

influenciado pela temperatura; relataram, ainda, que esta constante pode ser descrita por uma equação do tipo Arrhenius, e que o modelo de Henderson é uma simplificação das equações de difusão, em que apenas o primeiro e o segundo termos são considerados.

Tabela 4.13 - Parâmetros de ajuste dos modelos de Page, Henderson & Pabis e Henderson e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros				R^2
		K		n		
Page	50	0,0021		1,1282		0,9979
	60	0,0021		1,1633		0,9990
	70	0,0035		1,1129		0,9981
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros				R^2
		A		K		
Henderson & Pabis	50	1,0279		0,0044		0,9932
	60	1,0491		0,0052		0,9951
	70	1,0276		0,0063		0,9969
Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros				R^2
		A	B	C	D	
Henderson	50	0,5004	0,0042	0,5004	0,0042	0,9921
	60	0,5245	0,0052	0,5245	0,0052	0,9951
	70	0,5161	0,0064	0,5161	0,0064	0,9958

Nas Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 estão representados os dados experimentais das curvas de secagem das fatias de pimentão nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, e as curvas ajustadas pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Henderson. Observa-se, nessas figuras, que a curva ajustada a partir do modelo de Page é a que mais se aproxima dos dados experimentais.

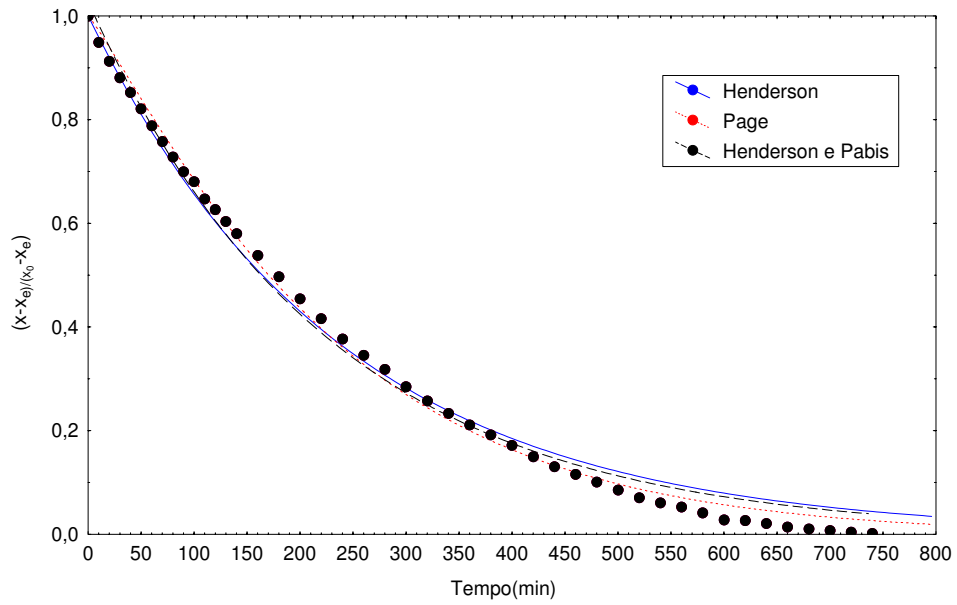


Figura 4.2 - Curvas de secagem experimental e preditas pelos modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis das fatias de pimentão a 50°C

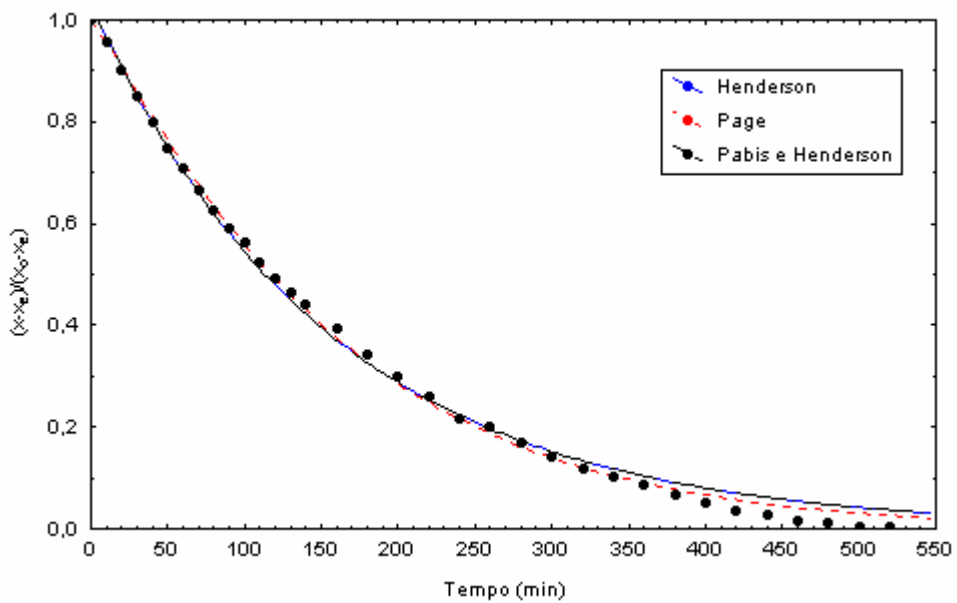


Figura 4.3 - Curvas de secagem experimental e preditas pelos modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis das fatias de pimentão a 60°C

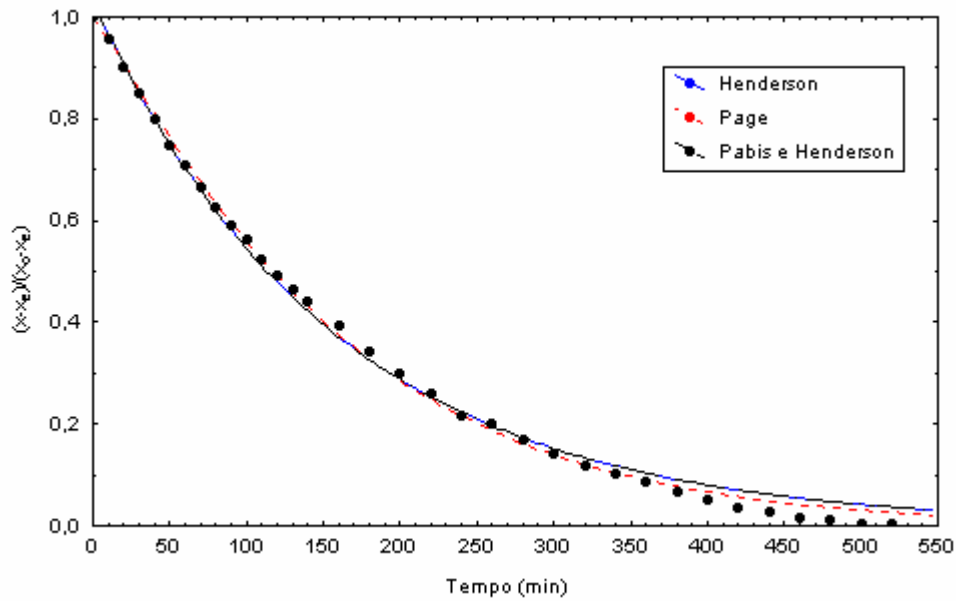


Figura 4.4 - Curvas de secagem experimental e preditas pelos modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis das fatias de pimentão a 70°C

4.4 - Atividade de água

Tem-se, na Tabela 4.14, os resultados experimentais da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, obtido da secagem a 70°C, com suas respectivas atividades de água nas temperaturas de 20, 30 e 40°C. Consta-se que nas três temperaturas os valores das umidades de equilíbrio variaram entre a atividade de água mínima e máxima, de 245% na temperatura de 20°C a 338% na temperatura de 30°C.

Tabela 4.14 - Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) do pimentão em pó, em função da atividade de água (a_w), em três temperaturas

Temperatura (°C)	a_w	U_{eq} (% b.s.)
20	0,2311	15,21
	0,3307	18,64
	0,4316	21,41
	0,5438	24,51
	0,5914	27,08
	0,7547	40,99
	0,8134	49,72
	0,8511	52,54
30	0,2161	11,80
	0,3244	17,55
	0,4317	21,08
	0,5140	24,23
	0,5603	26,19
	0,7509	41,57
	0,8063	47,33
	0,8362	51,69
40	0,2040	11,55
	0,3160	13,47
	0,4320	16,09
	0,4842	19,68
	0,5317	22,93
	0,7468	38,00
	0,7991	41,83
	0,8232	47,39

Na Tabela 4.15 estão os valores dos parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C. No Apêndice B (Tabelas B.1 a B.12), encontram-se os valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, os resíduos e os erros relativos dos modelos testados.

Observa-se que os modelos de Peleg e GAB apresentam os maiores valores de R^2 e os menores desvios percentuais médios (P) nas temperaturas estudadas, comportamento este previsto, em razão dos modelos de Peleg e GAB terem 4 e 3 parâmetros, respectivamente, e um número maior de parâmetros que, na maioria dos casos,

corresponde ao melhor ajuste, como observado por KIRANOUDIS et al. (1993) ao determinarem a umidade de equilíbrio de batata, cenoura, tomate, pimentão verde e cebola, para temperaturas de 30, 45 e 60°C e atividades de água de 0,10 a 0,90.

O modelo de Peleg apresenta superioridade em relação ao modelo de GAB, com valores maiores de R^2 e menores de P . De acordo com WANG & BRENNAN (1991), o parâmetro P é usado para avaliar o ajuste de diferentes expressões matemáticas aplicadas aos dados experimentais e geralmente se considera que valores de $P \leq 5\%$ indicam um ajuste razoável para propósitos práticos.

O modelo de Peleg pode ser usado para isotermas sigmóides e não sigmóides; suas constantes não têm significado físico e geralmente ele se ajusta igual ou melhor que o modelo de GAB. É muito usado para calcular a umidade de equilíbrio de misturas secas. Observa-se, na Tabela 4.14, que a constante N_1 é maior que um (1) e a constante N_2 é menor que um (1), estando de acordo com o que PELEG (1993) descreveu ao sugerir este modelo.

O modelo de GAB tem três constantes as quais têm significado físico; os parâmetros C e K estão relacionados ao efeito da temperatura (MAROULIS et al., 1988). Os valores do parâmetro K do modelo de GAB, o qual corresponde à constante de sorção relacionada às propriedades da molécula na multicamada, foram inferiores a 1, na faixa de 0,8 a 0,9, apresentando valores entre 0,8 para temperaturas de 20°C e 30°C e de 0,9 para temperatura de 40°C, sendo semelhante ao comportamento verificado por ARSLAN & TOGRUL (2005) ao fazerem a predição da atividade de água para pimentão nas temperaturas de 25, 35 e 45°C. De acordo com MASKAN & GÖGÜS (1997) valores de K maiores que 1 (um) são falsos em razão da sorção se tornar infinita em valores de atividade de água menores que um (1). RAHMAN et al. (1998) observaram que, quando $K=1$ e $a_w=1$, o lado direito da igualdade no modelo de GAB torna-se infinito, representando uma inconsistência física; além disso, este parâmetro representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume de líquido (CADDEN, 1988).

C é a constante de Guggenheim, que é relacionada ao calor de sorção da primeira camada, e o valor positivo é devido à forte interação exotérmica do vapor de água com os sítios primários do alimento (SINGH & SINGH, 1996).

Os valores da umidade na monocamada (X_m) do modelo de GAB, determinados neste estudo, na temperatura de 40°C, estão acima do valor determinado por PARK et al. (2001) para pêssego desidratado na mesma temperatura, que foi de aproximadamente 7,2% b.s.

Nota-se diminuição de X_m com aumento da temperatura de 30 para 40°C. Embora entre 20 e 30°C o valor de X_m tenha sofrido alguma elevação, cerca de 8%, entre 30 e 40°C observa-se redução maior que 28%, configurando uma redução no parâmetro X_m ; este comportamento de redução com aumento da temperatura também foi observado por KAYMAK-ERTEKIN & SULTANOGLU (2000) para pimentão verde e pimentão vermelho.

Os modelos bi-paramétricos de Oswin e Smith, são muito utilizados por serem modelos de fácil solução matemática e fornecerem, na maioria das vezes, resultados satisfatórios, na região de umidades relativas intermediárias, de maior interesse na área de alimentos (CAURIE, 1981). De acordo com ALONSO (2001) o modelo de Oswin se baseia na expansão matemática para curvas de formato sigmoidal. Tem sido relatada, na literatura, a dependência de um ou dos dois parâmetros, de alguns dos modelos bi-paramétricos, com a temperatura. Diversos trabalhos foram desenvolvidos no sentido de testar esta dependência (AJISEGIRI & SOPADE, 1990; IGLESIAS & CHIRIFE, 1976; IGLESIAS et al., 1986).

No modelo de Oswin observaram-se os menores valores de R^2 . Verifica-se, através do estudo realizado, que as constantes do modelo de Oswin foram afetadas pela temperatura; comportamento semelhante foi constatado por AJISEGIRI & SOPADE (1990) ao estudarem o efeito da temperatura nos parâmetros de alguns modelos bi-paramétricos. Os modelos de Oswin e de Smith foram usados por KALIEEMULLAH & KAIALAPPAN (2004) para prever as isotermas de sorção da pimenta nas temperaturas de 25, 35 e 45°C, obtendo-se R^2 acima de 0,95.

Tabela 4.15 - Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20°C, 30°C e 40°C

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro				R^2	P (%)
		K_1	N_1	K_2	N_2		
Peleg	20	55,5620	3,2775	19,7004	0,7140	0,9914	3,51
	30	49,3696	5,2733	5,2733	0,7094	0,9987	2,00
	40	63,6318	1,8123	0,7045	-1,5993	0,9950	2,28
GAB	Temperatura (°C)	X_m	C	K	R^2	P (%)	
	20	15,30	15,06	0,8376	0,9864	3,81	
	30	16,58	7,22	0,8344	0,9984	2,23	
	40	11,88	13,88	0,9160	0,9887	2,28	
Oswin	Temperatura (°C)	A	B	R^2	P (%)		
	20	44,07	0,1617	0,9619	10,11		
	30	42,95	0,1917	0,9887	6,17		
	40	34,80	0,2745	0,9765	7,95		
Smith	Temperatura (°C)	M_a	M_b	R^2	P (%)		
	20	8,5621	22,62	0,9843	7,06		
	30	6,5437	24,93	0,9978	4,55		
	40	4,1219	24,17	0,9870	6,22		

Encontram-se, na Figura 4.5, encontram-se as isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó nas temperaturas 20, 30 e 40°C, com pontos experimentais ajustados pelo modelo de GAB, podendo-se observar o aumento progressivo da umidade de equilíbrio com o aumento da atividade de água. De acordo com KUMAR (1974) a forma das isotermas revela a maneira como a água está ligada e a força de ligação da água à superfície é indicada pela forma da curva. As curvas ajustadas apresentam forma sigmóide, sendo denominadas isotermas Tipo II, de acordo com a classificação de BRUNAUER et al. (1986).

Verifica-se que em a_w acima de 0,8 as maiores umidades de equilíbrio correspondem à temperatura de 40°C, e em a_w inferiores a 0,8 o comportamento verificado é de que as maiores umidades de equilíbrio correspondem às temperaturas de 20 e 30°C. Comportamento idêntico foi verificado por PEREIRA (2005) para tomate em pó.

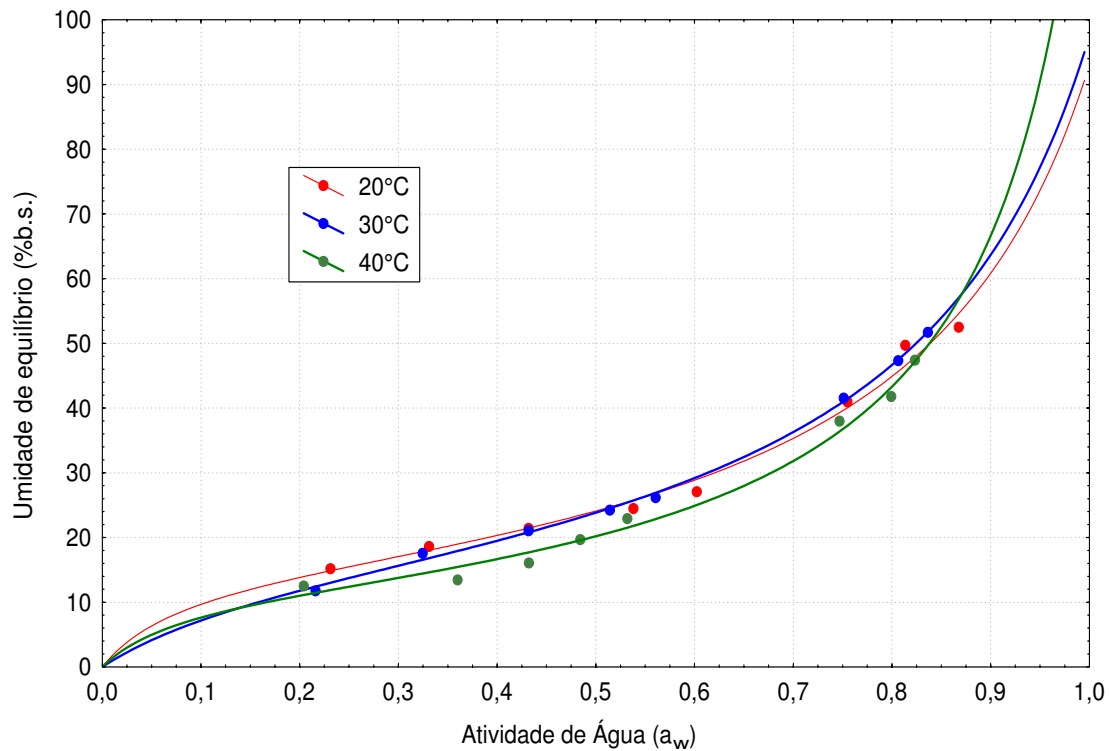


Figura 4.5 - Isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, ajustadas pelo modelo de GAB

Na Figura 4.6 estão apresentadas as isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C, com os pontos experimentais ajustados pelo modelo de Peleg. A posição relativa das curvas ajustadas por este modelo não demonstra diferença entre as temperaturas de 20 e 30°C mas, a temperatura de 40°C, se mantém em posição inferior em toda a faixa de atividade de água utilizada. Em atividades de água próximas a 0,7 a curva referente a 30°C cruza a de 20°C, assumindo maiores valores de umidade de equilíbrio.

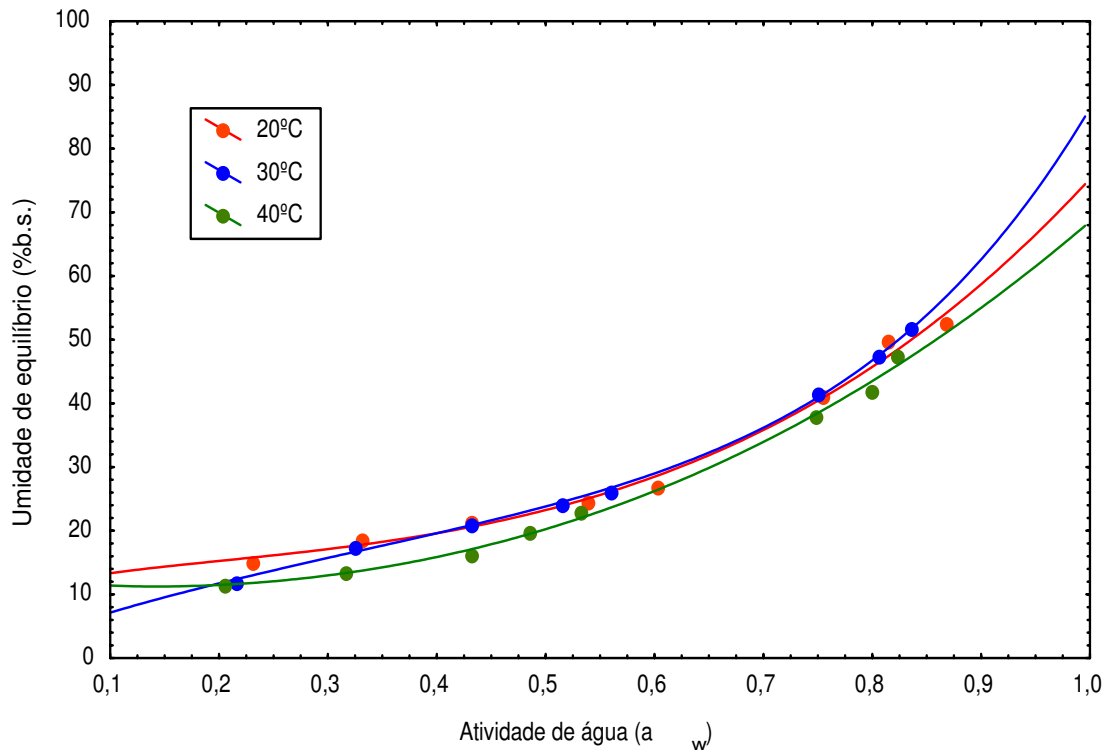


Figura 4.6 - Isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, ajustadas pelo modelo de Peleg

Os resultados experimentais e preditos pelo modelo de Oswin da umidade de equilíbrio em função da atividade de água do pimentão em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C, estão apresentados na Figura 4.7. Nas atividades de água de zero até próximo a 0,75, as curvas de 20°C e 30°C estão sobrepostas e localizadas acima da de 40°C, porém em a_w próximas a 0,9 a curva de 40°C cruza as demais, repetindo os resultados dos ajustes com o modelo de GAB, em que em a_w mais altas corresponderam maiores valores de umidade de equilíbrio para temperaturas mais altas. Esses intercruzamentos foram constatados por (AKANBI et al., 2005; PENA et al., 1997).

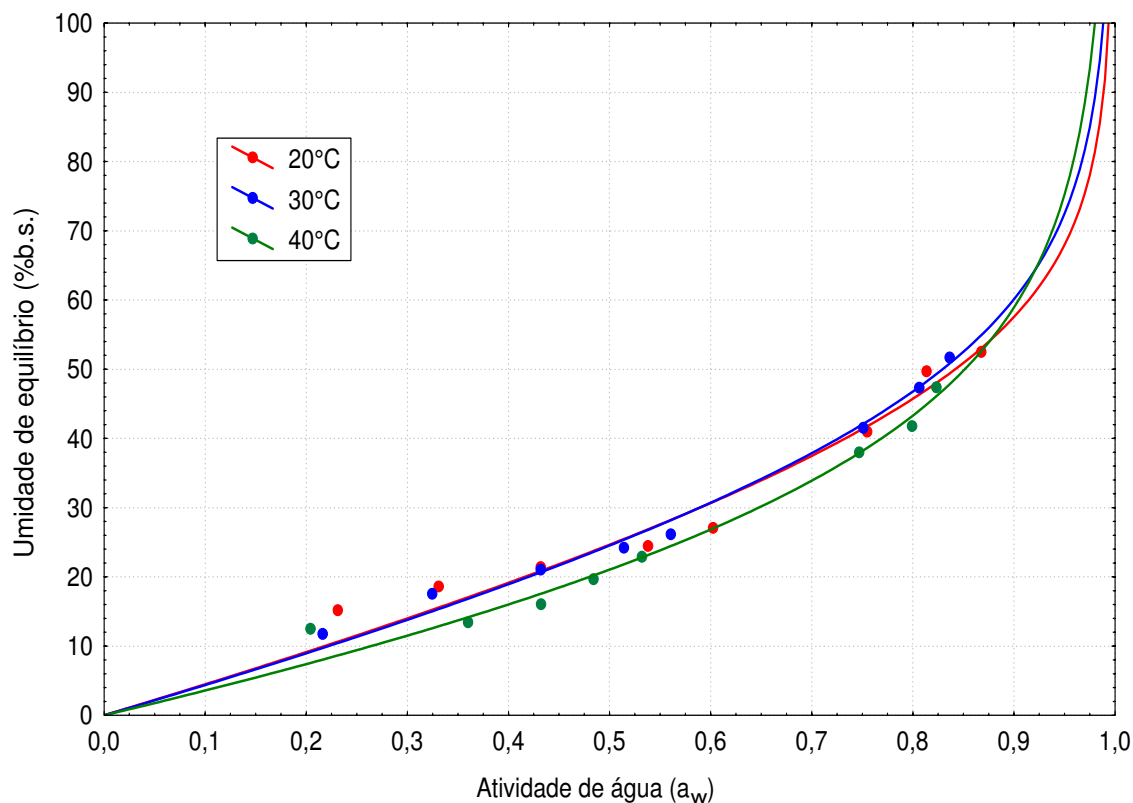


Figura 4.7 - Isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, ajustadas pelo modelo de Oswin

As isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó para as três temperaturas estudadas, ajustadas pelo modelo de Smith, encontram-se na Figura 4.8. Nas curvas obtidas por este modelo, constata-se que as maiores umidades de equilíbrio correspondem às temperaturas de 20 e 30°C, que se apresentam bem próximas. Em atividades de água acima de 0,9, a curva referente à temperatura de 40°C fica sobreposta à curva de 20°C.

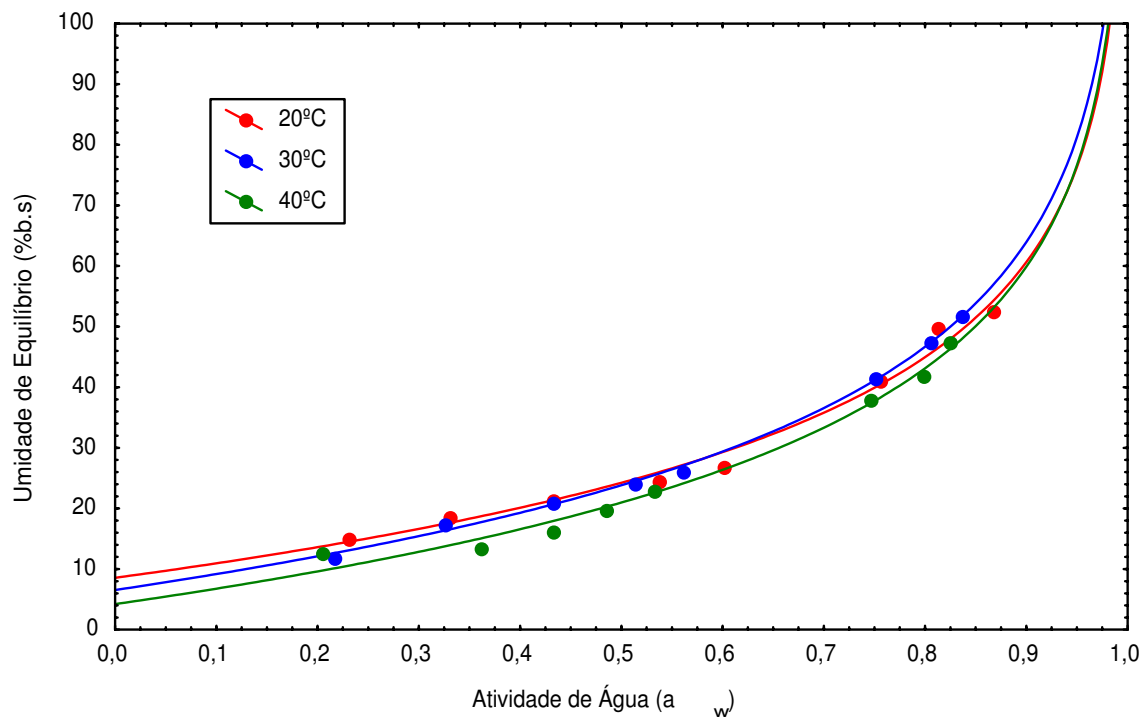


Figura 4.8 - Isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó, ajustadas pelo modelo de Smith

5 - CONCLUSÕES

O pimentão em pó, comparado com a forma *in natura*, apresentou aumento na acidez total titulável, no teor de cinzas, extrato alcoólico, amido, clorofila total e ácido ascórbico.

Ao longo do armazenamento, o teor de acidez total titulável, clorofila, amido, extrato alcoólico e intensidade de amarelo do pimentão em pó, não variaram com o tempo nas embalagens de polietileno e laminada; o teor de ácido ascórbico, cinzas e luminosidade, diminuiu com o tempo, nas duas embalagens; os valores de pH, ácido ascórbico e luminosidade se mantiveram maiores na embalagem laminada; a umidade aumentou com o tempo e se manteve maior na embalagem de polietileno; o parâmetro de cor intensidade de vermelho aumentou com o tempo nas duas embalagens e não foi influenciado pelo tipo de embalagem; a intensidade de amarelo não sofreu alterações significativas com o tempo nem com a embalagem.

Os modelos de Peleg e GAB foram os que melhor se ajustaram aos dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade do pimentão em pó.

A temperatura influenciou no processo de secagem, obtendo-se o menor tempo de secagem das fatias de pimentão, na temperatura de 70°C. Os modelos de Henderson, Page e Henderson & Pabis, podem ser usados para predição das curvas de secagem do pimentão verde em fatias, apresentando coeficientes de determinação superior a 0,99.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJISEGIRI, E. S.; SOPADE, P. A. Moisture sorption isotherms of Nigerian Millet at varying temperatures. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 12, p. 283-292, 1990

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, 2006.

ALMEIDA, B. V. **Determinação das propriedades físicas de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao*)**. 1979. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALONSO, L. F. T. **Algoritmos de seleção e dimensionamento de secadores**. 2001. 241f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Pré Processamento de Produtos Agropecuários, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

ALVES, S. M.; SILVEIRA, A. M. Estudo da secagem de tomates desidratados e não desidratados osmoticamente. **Revista Universidade Rural**, Rio de Janeiro, v. 21, n.1, 2002. (Série Ciências Exatas e da Terra).

ANGELUCCI, E. Corantes para alimentos: legislação brasileira. In: ANGELUCCI, E. **Corantes para alimentos**. Campinas: ITAL, 1988. p. 1-15.

ARNON, D. I. Copper enzyme in isolated chloroplasts polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 24, n.1, p. 1-15, 1949.

ARAÚJO, E. F. CORREA, P. C, SILVA, R. F. Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessecamento de sementes de milho-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.1-5, 2001.

ARTÉS, F.; CASTAÑER, M.; GIL, M. I. El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas minimamente procesadas. **Food Science and Technology International**, London, v. 4, n. 6, p. 377–389, 1998.

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

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutas**. São Paulo: Nobel, 1993. 115 p.

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).

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

BARTH, M. M.; KERBEL, E. L.; BROUSSARD, S.; SCHMIDT, S. J. Modified atmosphere packaging projects market quality in broccoli spears under ambient temperature storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 5, p. 1070-1072, 1993.

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.

BENEDETTI, B. C.; GOLINELLI, C. C.; SARANTOPOULOS, C. I. G. L. Avaliação de pimentão minimamente processado em rodela e tiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD.

BERBARI, S. A. G.; SILVEIRA, N. F. A.; OLIVEIRA, L. A. T. Avaliação do comportamento de pasta de alho durante o armazenamento (*Allium sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 468-472, 2003.

BIZOT, H. Using the G.A.B. model to construct sorption isotherms. In: JOWIT, R. **Physical properties of foods**. London: Applied Science Publishers, 1983. cap. 4, p. 43-54.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a química de alimentos**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 306 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº. 269, de 22 de setembro de 2005. Aprovar o Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais.

BRITTON, G. UV/ visible spectroscopy. In: BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. **Carotenoids: spectroscopy**. Basel: Birkhäuser, 1995. v. 1B, p. 13-62.

BROD, F. P. R.; ALONSO, L. F. T.; PARK, K. J. **Secagem de produtos agrícolas**. Campinas: Unicamp, 1999. 122 p. (Apostila).

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.

BRUNAUER, S.; EMMETT, T. H.; TELLER, F. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of American Chemistry Society**, v. 60, n. 1, p. 309-319, 1938.

BUREAU, G.; MULTON, J. L. **Embalaje de los alimentos de gran consumo**. Zaragoza: Acibia. 1995. 146 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, cap. 4, p. 199-296. (Série Frutas Tropicais).

CADDEN, A. Moisture sorption characteristics of several food fibers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 4, p. 1150-1155, 1988.

CAMARGO, G. A. **Processamento produtivo de tomate seco: novas tecnologias**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2003. 8 p. (Manual Técnico).

CANAPELLE, C.; PEREIRA, L. C.; CANAPPELE, M. A. B.; PEREIRA, L. C. Avaliação da eficiência de secagem em secadores de frutas por convecção natural. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 46-52, 2001.

CARVALHO, S. M. L. **Determinação de isotermas de adsorção da farinha d'água obtida de mandioca (*Manihot esculenta*)**. 1994. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará, Belém.

CASALI, V. W. D. STRINGHENTA, P. C. Manejo pós-colheita de pimentões e pimentas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 72-76, 1984.

CHEN, C.; JAYAS, D. O. S. Evaluation of the GAB equation for the isotherms of agricultural products. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 41, n. 6, p. 1755-1760, 1998.

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

CHITARRA, M. I. F. Colheita e pós-colheita de frutos. **Informativo Agropecuário**, Lavras, v. 17, n. 179, p. 8-18, 1994.

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

CLYDESDALE, F. M. Color measurement. In: GRUENWEDEL, D. W.; WHITAKER, J. R. **Food analysis: principles and techniques**. New York: Marcel Dekker, 1984. v. 1, p. 95-150.

CONSTANT, P. B. L.; .STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 203-220, 2002.

CORRÊA, P. C; AFONSO JUNIOR, P. C. Comparação dos modelos matemáticos para a descrição da cinética de secagem em camada fina em sementes de feijão. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 349-353, 1999.

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 carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agrônômica**, Natal, v. 34, n.1, p. 5, 2000.

DIAZ RODRIGUEZ, G. Técnicas de la producción de semillas de plantas hortícolas. **Hortifruticultura**, Madrid, v. 5, p. 31-6, 1990.

EL SAIED, H. M. Chemical composition of sweet and hot pepper fruits grow under plastic house conditions. **Egyptian Journal of Horticulture**, Cairo, v. 22, n. 1, p. 11-18, 1995.

FAVARO, S. P.; SA, M. C. de; IDA, E. I. Color of fresh and processed snap bean pods after calcium application. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 561-563, 2000.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; GRANDIN, A.; MARTUCCI, E. T. Armazenamento do suco de acerola microencapsulado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.3, n.1, p. 1-6, 2001.

FILGUEIRA, F. A. **Manual de olericultura: cultivo e comercialização de hortaliças**. São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 1982. v. 2, 584 p.

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

FITO, P. J.; DE LOS REYES, R.; ORTOLÁ, M. D.; FITO, P. **La monitorización termográfica como herramienta de control del secado superficial de cítricos.** (Manual Técnico). Valencia. 2001. cap.18. p 145-146.

FONSECA, A. F. A. da. **Avaliação do comportamento de cultivares de pimentão (*Capsicum annum* L.) em Rondônia.** Porto Velho: EMBRAPA, 1986. 6 p.

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, 1980.

FRANCIS, F. J. Pigmentos y otros colorantes. In: FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1993. cap. 8, p. 615-657.

GABAS, A. L. **Secagem de uva Itália em leito fixo.** 1998. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G. Estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 73-80, 2003.

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

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos.** 3 ed. São Paulo: Editora Nobel, 1981. 284 p.

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, G.; DVORSAK, P.; HEIL, T. **Indústria petroquímica brasileira: situação atual e perspectivas.** Maceió: Brasken, 2005. 25 p.

GOMES, P. M. A. **Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) desidratada em leito de jorro.** 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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.

IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. **Journal of Food Technology**, Essex, v. 11, p. 109-116, 1976.

IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J.; FERRO FONTAN, C. Temperature dependence of water sorption isotherms of some foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 3, p. 551-553, 1986.

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, 533p.

JAIME, S. B. M.; ALVES, R. M. V.; SEGANTINI, E. Estabilidade do molho de tomate em diferentes embalagens de consumo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 193-199, 1998.

KADER, A A. **Postarvest technology of horticultural crops.** 3 ed. Davis: University of California, 2002. 535 p.

KALEEMULLAH, S.; KAILAPPAN, R. Moisture sorption isotherms of red chillies. **Biosystems engineering**, London, v. 88, n. 1, p. 95-104, 2004.

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

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.

KLEIN, B. P. Nutricional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 10, p. 129-193, 1987.

KLUGE, R. A; BILHALVA, B. A; CANTILLANO, R. F. F. Influência do estágio de maturação e da embalagem de polietileno na frigoconservação de ameixa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.323-329, 1999.

KOTLER, P. Administração de linhas de produtos, marcas e embalagens. In: KOTLER, P. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. São Paulo: Atlas, 1998. cap. 15, p. 382–411.

KROKIDA, M. K.; KARATHAMOS, V. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 59, n. 4, p. 391-403, 2003.

KUMAR, M. Water vapour adsorption on whole corn flour, degerned corn flour, and germ flour. **Journal of Food Technology**, Essex, v. 9, n. 4, p. 433-444, 1974.

LANGMUIR, I. The adsorption of gases on plane surface of glass and mica and platinum. **Journal of American Chemical Society**, Washington, v. 40, p. 1361-1403, 1918.

LINDER, S. A proposal for the use of standardized methods for chlorophyll determinations in ecological and eco-physiological investigations. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, DK: Scandinavian Society For Plant Physiology, v. 32, p. 154-156, 1974.

LUENGO, R. de. F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. F. B. F. **Tabela de composição nutricional de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2004. 4 p. (Documentos, 26).

LUPETTI, K. O.; CARVALHO, L. C. de; MOURA, A. F. de. Image analysis in analytical chemistry: didactic and simple methodologies to understand and prevent the browning of vegetable tissues. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 548-554, 2005.

MAISTRO, L. C. Alface minimamente processada: uma revisão. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 219-224, 2001.

MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, F. R. F.; TREPTOW, R. O. Stage of maturation and temperature variation during the storage on postharvest quality of plums cv. amarelinha. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 29-35, 2005.

MAROULIS, Z. B.; TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D. Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 7, n. 1, p. 63-78, 1988.

MARTINS, M. G.; OLIVEIRA, D. D.; CALÇADA, L. A.; MANCINI, M. C. Adaptação de um equipamento de secagem em camada delgada para determinação de isotermas de equilíbrio. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências Exatas e da Terra, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 55-63, 2002.

MARTINS, P. C.; PORTO, P. S.; PINTO, L. A. A. Estudo das propriedades físicas e de transporte na secagem de cebola (*Allium cepa* L.) em camada delgada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 319-326, 2004.

MASKAN, M.; GÖGÜS, F. The fitting of various models to water soption isotherms of pistachio nut paste. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 33, n.10, p. 227-237, 1997.

MEDINA, P. V. L. Manejo pós-colheita de pimentões e pimentas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 72-76, 1984.

MELO, M. L. P.; MAIA, G. A.; SILVA, A. P. V. Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 184-187, 1998.

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

MOREY, V.; WILCKE, W. F.; MERONUCK, R. A.; LANG, J. P. Relationship between equilibrium relative humidity and deterioration of shelled corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 4, p. 1139-1145, 1995.

MUNIZ, I. O. L.; SILVA, L. A.; GOMES, A. N. D. A. **Olericultura no estado do Ceará**. Fortaleza: EPACE/ EMATERCE, 1987. 17 p.

NASCIMENTO, W. M.; BOITEUX, L. S. Produção de sementes de pimentão em Brasília. **Horticultura Brasileira**, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 125-126, 1992.

OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, P. A. P. L. V. Revisão: Principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 161-165, 2004.

PAGE, C. **Factors influencing the maximum rates of drying shelled corn in layer**. West Lafayette, Department of the Agricultural Engineering. Purdue University 1949.

PARK, K. J; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas 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.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Process Engineering**, Connecticut, v. 16, n. 1, p. 21-37, 1993.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Influence of the temperature on parameters of biparametric models used in the prediction of moisture adsorption isotherms of guarana (*Paullinia cupana*) powder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 229-232, 1997.

PENA, R. L. M.; KIECKBUSCH, T. G. Influencia de condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 69-76, 2003.

PEREIRA, I. E. **Secagem e armazenamento do tomate em pó**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola).- Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PIERGIOVANNI, L. Materiais de embalagem e tecnologias de envase. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. cap. 10, p. 219-278.

PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. 2003. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

POBLETE, E. R. El cultivo de las chiles dulces. **Novedades Hortícolas**, México, v. 16, n. 1-4, p. 21-27, 1971.

PRADO, M. E. T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L.) para obtenção de tâmara passa**. 1998. 89 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

QUEIROZ, M. R. **Estudo teórico-experimental da cinética de secagem de bananas**. 2003. 89 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RAHMAN, M. S.; PERERA, C. O.; THEBAUD, C. Desorption isotherm and heat pump drying kinetics of peas. **Food Research International**, Barking, v. 30, n. 7, p. 485-491, 1997.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing, 1977. 634 p.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184p.

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.

SANTOS, K. A.; KARAM, L. M.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C. Composição química da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 247-256, 2002.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L. Embalagens para vegetais minimamente processados-Fresh-cut. In: SEMINÁRIO SOBRE HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS, 3., 1999, Piracicaba. **Palestra...** Piracicaba: ESALQ-USP, 1999. 6p.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; FERNANDES, T. **Embalagens ativas**. Campinas, ITAL, 2001. Disponível em: <www.jorplast.com.br/jpout01/pag11.html> Acesso em: 19 dez. 2004.

SERRA, I. M. R. Caracterização biológica e fisiológica de isolados de *Sclerotium rolfsii* obtidos de pimentão no estado do Maranhão. **Fitopatologia Brasileira**, São Paulo, v.30, n.1, p 61-67, 2004

SCHOEFS, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products: properties of the pigments and methods of analysis. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 13, n. 11, p. 361-371, 2002.

SHEPHERD, A. W. **A guide marketing costs and how to calculate them**. Rome: FAO, 1993. 23 p.

SHING, P. C.; SINCH, 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.

SILVA, S. M. **Conservação pós-colheita do limão “Tahiti” (*Citrus latifolia* Tanaka): uso de choque frio, atmosfera modificada e refrigeração - aplicação de modelagem matemática**. 1993. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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, R. N. G.; FIGUEIREDO, R. M. F.; 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.

SILVA, M. M.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C. Determinação do calor de sorção em polpa de manga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 26., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBF, 2000. CD Rom.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A. 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.

SOUZA, R. J.; CASALI, V. W. D. Manejo pós-colheita de pimentões e pimentas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 72-76, 1984.

SPOSITO, G. On the use of the Langmuir equation in the interpretation of "adsorption" phenomena: II. The "two-surface" Langmuir equation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, p. 1144-1152, 1982.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

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

TOIVONEN, P. M. A.; DELL, J. R. Chlorophyll fluorescence, fermentation product accumulation, and quality of stored broccoli in modified atmosphere packages and subsequent air storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 61-69, 2001.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 40 p.

TUNDE-AKINTUNDE, T. Y.; AFOLABI, T. J.; AKINTUDE, B. O. Influence of drying methods on drying of bell-pepper (*Capsicum annuum*). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 68, n. 4, p. 439-442, 2005.

USDA. Nutrient Database for Standard Reference. United States Department of Agriculture. **Food and nutrition information center**, 2001. Release 14

USP. Universidade de São Paulo. **Tabela brasileira de composição centesimal de alimentos**: projeto integrado de composição de alimentos. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/tbcamenu.hph>> Acesso em: 11 ago. 2005.

VÁSQUEZ, G.; CHENLO, F.; MOREIRA, R; CRUZ, E. Grape drying in a pilot plant with a heat pump. **Drying Technology**, New York, v. 15, n. 3/4, p. 899–920, 1997.

VEGA, A.; ANDRÉS, A.; FITO, P. Cinética de secado por air caliente de dados de pimiento (*Capsicum annuum* L.). 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. 229-234.

VICENTINI, N. M.; CASTRO T. M. R. de; CEREDA, M. P. Influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 127-130, 1999.

VON ELBE, J. H. Colorantes. In: FENNEMA, O. W. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Wisconsin-Madison, 2000. cap.10, p.782-799.

WANDERLEY JÚNIOR, L. J. da G.; LYRA FILHO, H. P.; SILVA, M. C. L. da. **Pimentão “All Big”**. Disponível em: <<http://www.ipa.br/OUTR/RECO/hort10.htm>>. Acesso em: 02 set. 2004.

WANG, N.; BRENNAN, J. G. Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 14, n. 4, p. 269-287, 1991.

WATADA, A. E. Effect of ethylene on the quality of fruit and vegetable. **Food Technology**, Essex, v. 40, n. 5, p. 82-85, 1986.

WODDROOF, G. J.; LUH, B. S. **Commercial fruit processing**. Westport: The AVI Publ., 1975. 710 p.

YAMAUCHI, N.; AKIYAMAY, Y.; KAKO, S.; HASHNAGA, F. Chlorophyll degradation in wase satsuma mandarim (*Citrus unshiu* marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene tretment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 71, n. 1/2, p. 35-42, 1997.

APÊNDICE A

Tabela A.1 - Análise de variância do pH do pimentão em pó durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,02606	0,00521	104,2222**
Embalagem	1	0,01690	0,01690	338,0000**
Embalagem x tempo	5	0,00607	0,00121	24,2667**
Resíduo	24	0,00120	0,00005	
Total	35	0,05022		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

Tabela A.2 - Análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) do pimentão em pó em embalagem de polietileno

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,35116	0,07003	247,1725**
Resíduo	12	0,00340	0,00028	
Total	17	0,35356		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

Tabela A.3 - Análise de variância da acidez total titulável (% ácido cítrico) do pimentão em pó em embalagem laminada

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,74103	0,14821	108,4431**
Resíduo	12	0,01640	0,00137	
Total	17	0,75743		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

Tabela A.4 - Análise de variância da umidade do pimentão em pó durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	130,63960	26,12792	4,669640**
Embalagem	1	11,94762	11,94762	213,5306**
Embalagem x tempo	5	4,57737	0,91547	16,3615**
Resíduo	24	1,34287	0,05595	
Total	35	148,50746		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

Tabela A.5 - Análise de variância do teor de ácido ascórbico do pimentão em pó durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	68809,63038	13761,92608	6794,3787**
Embalagem	1	31247,69182	31247,69182	15427,2483**
Embalagem x tempo	5	14006,86421	2801,37284	1383,0613**
Resíduo	24	48,61169	2,02549	
Total	35	114112,79810		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

Tabela A.6 - Análise de variância do teor de clorofila do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,10265	0,02053	1,8418 ^{ns}
Resíduo	12	0,13376	0,01115	
Total	17	0,23642		

ns - não significativo

Tabela A.7 - Análise de variância do teor de clorofila do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem laminada

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,03542	0,00708	0,5609 ^{ns}
Resíduo	12	0,15158	0,01263	
Total	17	0,18701		

ns - não significativo

Tabela A.8 - Análise de variância do teor de amido do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,19063	0,03813	0,9337 ^{ns}
Resíduo	12	0,49000	0,04083	
Total	17	0,68063		

ns - não significativo

Tabela A.9 - Análise de variância do teor de amido do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem laminada

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,23011	0,04602	2,1720 ^{ns}
Resíduo	12	0,25427	0,02119	
Total	17	0,48438		

ns - não significativo

Tabela A.10 - Análise de variância de cinzas do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,02708	0,00542	26,2247**
Resíduo	12	0,00248	0,00021	
Total	17	0,02956		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

Tabela A.11 - Análise de variância de cinzas do pimentão em pó durante o armazenamento em embalagem laminada

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	0,01064	0,00213	7,9340**
Resíduo	12	0,00322	0,00027	
Total	17	0,01386		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

Tabela A.12 - Análise de variância do extrato alcoólico do pimentão em pó durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	68,86613	13,77323	57,6896**
Embalagem	1	0,47151	0,47151	1,9749 ^{ns}
Embalagem x Tempo	5	23,67102	4,73420	19,8294**
Resíduo	24	5,72993	0,23875	
Total	35	98,73860		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

Tabela A.13 - Análise de variância dos valores médios da luminosidade do pimentão em pó durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	459,98333	91,99667	603,2568**
Embalagem	1	0,00444	0,00444	0,0291 ^{ns}
Embalagem x Tempo	5	14,19222	2,83844	18,6128**
Resíduo	24	3,66000	0,15250	
Total	35	477,84000		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo

Tabela A.14 - Análise de variância da intensidade de vermelho (+a*) do pimentão em pó durante o armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	25,07139	5,01428	91,6315**
Embalagem	1	1,03361	1,03361	18,8883**
Embalagem x Tempo	5	3,35806	0,67161	12,2731**
Resíduo	24	1,31333	0,05472	
Total	35	30,77639		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

Tabela A.15 - Análise de variância da intensidade de amarelo (+b*) do pimentão em pó durante ao armazenamento

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	5	39,91472	7,98294	17,0252**
Embalagem	1	2,50694	2,50694	5,3466*
Embalagem x Tempo	5	16,08806	3,21761	6,8622**
Resíduo	24	11,25333	0,46889	
Total	35	69,76306		

** - significativo a nível de 1% de probabilidade

APÊNDICE B

Tabela B.1 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Peleg, a 20°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,2311	15,21	15,79	-0,58	-0,038
0,3307	18,64	17,79	0,85	0,046
0,4316	21,41	20,61	0,80	0,037
0,538	24,51	25,02	-0,51	-0,021
0,6021	27,08	28,61	-1,53	-0,057
0,7547	40,99	40,88	0,11	0,003
0,8134	49,72	47,27	2,45	0,049
0,8677	52,54	54,14	-1,60	-0,030

Tabela B.2 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Peleg, a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,2161	11,8	12,39	-0,59	-0,050
0,3244	17,55	16,67	0,88	0,050
0,4317	21,08	20,87	0,21	0,010
0,514	24,23	24,45	-0,22	-0,009
0,5603	26,19	26,76	-0,57	-0,022
0,7509	41,57	41,02	0,55	0,013
0,8063	47,33	47,55	-0,22	-0,005
0,8362	51,69	51,74	-0,05	-0,001

Tabela B.3 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Peleg, a 40°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,204	11,55	12,52	0,03	0,002
0,36	13,47	13,60	-0,13	-0,010
0,432	16,09	16,60	-0,51	-0,032
0,4842	19,68	19,34	0,34	0,017
0,5317	22,93	22,19	0,74	0,032
0,7468	38,00	38,61	-0,61	-0,016
0,7991	41,83	43,39	-1,56	-0,037
0,8232	47,39	45,69	1,70	0,036

Tabela B.4 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de GAB, a 20°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,2311	15,21	14,86	0,35	0,023
0,3307	18,64	18,03	0,61	0,033
0,4316	21,41	21,44	-0,03	-0,002
0,538	24,51	25,76	-1,25	-0,051
0,6021	27,08	28,97	-1,89	-0,070
0,7547	40,99	40,04	0,95	0,023
0,8134	49,72	46,55	3,17	0,064
0,8677	52,54	54,63	-2,09	-0,040

Tabela B.5 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de GAB, a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,2161	11,80	12,42	-0,62	-0,052
0,3244	17,55	16,56	0,99	0,057
0,4317	21,08	20,80	0,28	0,013
0,514	24,23	24,52	-0,29	-0,012
0,5603	26,19	26,90	-0,71	-0,027
0,7509	41,57	41,02	0,55	0,013
0,8063	47,33	47,48	-0,15	-0,003
0,8362	51,69	51,76	-0,07	-0,001

Tabela B.6 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de GAB, a 40°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,204	11,55	11,12	1,43	0,114
0,316	13,47	15,46	-1,99	-0,147
0,432	16,09	17,70	-1,61	-0,100
0,4842	19,68	19,57	0,11	0,006
0,5317	22,93	21,52	1,41	0,062
0,7468	38,00	36,38	1,62	0,043
0,7991	41,83	43,17	-1,34	-0,032
0,8232	47,39	47,18	0,21	0,004

Tabela B.7 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Oswin, a 20°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,2311	15,21	10,63	4,58	0,301
0,3307	18,64	15,55	3,09	0,166
0,4316	21,41	20,84	0,57	0,027
0,538	24,51	26,86	-2,35	-0,096
0,6021	27,08	30,80	-3,72	-0,137
0,7547	40,99	41,74	-0,75	-0,018
0,8134	49,72	47,03	2,69	0,054
0,8677	52,54	53,03	-0,49	-0,009

Tabela B.8 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Oswin, a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,2161	11,80	9,72	2,08	0,176
0,3244	17,55	15,02	2,53	0,144
0,4317	21,08	20,66	0,42	0,020
0,514	24,23	25,35	-1,12	-0,046
0,5603	26,19	28,17	-1,98	-0,076
0,7509	41,57	42,10	-0,53	-0,013
0,8063	47,33	47,44	-0,11	-0,002
0,8362	51,69	50,81	0,88	0,017

Tabela B.9 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Oswin, a 40°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,204	11,55	7,56	4,99	0,398
0,360	13,47	14,16	-0,69	-0,051
0,432	16,09	17,55	-1,46	-0,091
0,4842	19,68	20,20	-0,52	-0,027
0,5317	2,93	22,78	0,14	0,006
0,7468	38,0	37,88	0,11	0,003
0,7991	41,83	43,19	-1,37	-0,033
0,8232	47,39	46,09	1,29	0,027

Tabela B.10 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Smith, a 20°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,2311	15,21	14,51	0,70	0,046
0,3307	18,64	17,64	0,99	0,054
0,4316	21,41	21,34	0,07	0,003
0,538	24,51	26,03	-1,52	-0,062
0,6021	27,08	29,40	-2,32	-0,086
0,7547	40,99	40,34	0,65	0,016
0,8134	49,72	46,53	3,19	0,064
0,8677	52,54	54,31	-1,77	-0,034

Tabela B.11 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Smith, a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,2161	11,80	12,61	-0,81	-0,069
0,3244	17,55	16,32	1,23	0,070
0,4317	21,08	20,63	0,45	0,021
0,514	24,23	24,53	-0,30	-0,013
0,5603	26,19	27,03	-0,84	-0,032
0,7509	41,57	41,20	0,37	0,009
0,8063	47,33	47,47	-0,14	-0,003
0,8362	51,69	51,65	0,04	0,001

Tabela B.12 - Valores experimentais e preditos da umidade de equilíbrio do pimentão em pó, resíduos e erros relativos calculados para o modelo de Smith, a 40°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Predito		
0,204	11,55	9,83	1,72	0,149
0,360	13,47	13,49	-0,02	-0,002
0,432	16,09	17,98	-1,89	-0,117
0,4842	19,68	20,30	-0,62	-0,032
0,5317	2,93	22,64	-19,71	-6,726
0,7468	38,0	37,48	0,52	0,014
0,7991	41,83	43,07	-1,24	-0,030
0,8232	47,39	46,15	1,24	0,026