



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS



**BERINJELA OSMODESIDRATADA PARA A OBTENÇÃO DE
CONSERVA: OTIMIZAÇÃO E CINÉTICA DE SECAGEM**

FLÁVIO FARIAS GURJÃO

DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

ORIENTADORES:

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Prof.^a. Dr.^a. Maria Elita Martins Duarte

Campina Grande - Paraíba

AGOSTO – 2015

FLÁVIO FARIAS GURJÃO

**BERINJELA OSMODESIDRATADA PARA A OBTENÇÃO DE
CONSERVA: OTIMIZAÇÃO E CINÉTICA DE SECAGEM**

**Tese apresentada ao Programa do
Curso de Pós-Graduação em
Engenharia de Processos da
Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do título
de doutor em Engenharia de Processo.**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Desenvolvimento de Processos

ORIENTADORES:

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Prof.^a Dr.^a Maria Elita Martins Duarte

Campina Grande - Paraíba

AGOSTO – 2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

FLÁVIO FARIAS GURJÃO

BERINJELA OSMODESIDRATADA PARA A OBTENÇÃO DE
CONSERVA: OTIMIZAÇÃO E CINÉTICA DE SECAGEM

BANCA EXAMINADORA	PARECER
<u>Maria Erycycle</u> Prof.ª Dr.ª Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata – Orientador	<u>APROVADO</u>
<u>Martins</u> Prof.ª Dr.ª Maria Elita Martins Duarte – Orientadora	<u>APROVADO</u>
<u>Marcos José de Almeida Gama</u> Prof.ª Dr.ª Ana Paula Trindade Rocha – Examinadora	<u>APROVADO</u>
<u>Deyzi Santos Gouveia</u> Prof.ª Dr.ª Deyzi Santos Gouveia – Examinadora	<u>APROVADO</u>
<u>Marcos José de Almeida Gama</u> Prof. Dr. Marcos José de Almeida Gama – Examinador	<u>APROVADO</u>
<u>Severina de Sousa</u> Prof.ª Dr.ª Severina de Sousa – Examinadora	<u>APROVADO</u>

AGOSTO – 2015

AGRADECIMENTOS

Ao GRANDE PAI, SER maravilhoso, por me ter concedido força, coragem e perseverança para a realização deste trabalho.

A minha mãe, Rita de Farias Gurjão, pela vida, pelo amor, educação, apoio e incentivo em prol do meu futuro.

Àos Professores Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e a Professora Dr^a. Maria Elita Martins Duarte, pelo aceite da minha orientação, apoio e ensinamentos repassados durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A Professora Dr^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, pelos ensinamentos e compromisso desde a orientação do mestrado.

Ao professor Dr. José Alves Barbosa ex professor/orientador da graduação por fazer grande diferença em minha vida tendo o compromisso com os alunos e orientandos de toda sua equipe de pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro e a coordenação de Engenharia de Processos.

A minhas irmãs, Conceição de Fátima Gurjão e Maria do Socorro Gurjão, fontes inesgotáveis de dedicação por mim.

Aos membros da banca examinadora Ana Paula Trindade, Marcos Gama, Deise Gouveia e Severina, por terem aceitado o convite e por enriquecer, com suas sugestões e correções, este trabalho.

A minha sobrinha e irmã do coração, Gilmara Gurjão Carneiro, que sempre está ao meu lado. Aos meus amigos de todo tempo de trabalho e de aprendizagem no laboratório; sei que sempre estarão comigo Taciano, Tatiana, Débora e Denise Amaral.

As minhas amigas Elisabete Torres, Irislânia Barbosa e a Roberta Arcênio por todo o nosso companheirismo.

E a todos os amigos que conquistei ao longo desta árdua e velha caminhada da minha vida pessoal e principalmente na Pós Graduação descobrindo que não podemos ser um só ser e sim coletivo pois aprendi muito mais com: Daniele Martins, Elisabete Piancó, Luzia Márcia, Lívia, Plúvia, Pablícia, Débora, Rebeca, Wólia, Renata Duarte, Anástacia, Regilane, Juliana Brito, Patrícia, Francinalva, Salomé, Denise Ferreira, Euvira e Kaline.

Aos profissionais e aos alunos da Escola Técnica Redentorista (ETER) do curso de Agroecologia, por contribuírem com o apoio e incentivo. Finalmente, a todos que, de maneira direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
TABELAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1.0 - INTRODUÇÃO	1
1.1 – Objetivo geral	2
1. 1.1 – Objetivos específicos	2
2.1- Origem e classificação botânica da berinjela	4
2.2 - Importância econômica	6
2.3 - Composições químicas da berinjela	6
2.4 - Desidratação Osmótica.....	9
2.4.1 - Agentes desidratantes	11
2.4.1.1 - Sacarose.....	12
2.4.1.2 - Cloreto de sódio (NaCl)	13
2.4.2- Concentração da solução	14
2.4.3 - Temperatura de imersão	15
2.4.4 - Tempo de imersão	15
2.4.5 - Parâmetros operacionais da desidratação osmótica	17
2.5 - Secagem	18
2.5.1 - Tipos de secagem	22
2.5.2 - Efeitos da secagem	23
2.5.3 - Variáveis da secagem	24
2.6 - Características físico-químicas, físicas e químicas	27
2.6.1- Sólidos solúveis (°Brix)	27
2.6.2 – Cinzas	28
2.6.3 – Acidez.....	28
2.6.5 – Teor de água	29
2.6.6 - Atividade de água (aw)	30
2.6.7 - Cor.....	32
2.6.8 – Textura.....	34
2.6.9 – Minerais	36
2.6.9.1 - Cálcio	37
2.6.9.2 - Magnésio	38
2.6.9.3 – Potássio.....	39
2.6.9.4 - Fósforo	40
2.6.9.5 - Ferro	41
2.7 - Microscopia eletrônica de varredura	41
2.8 - Planejamento experimental	42
2.9 – Conserva	45
2.10 - Análise sensorial	46

3.0 - MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1 - Matéria-prima.....	47
3.2 - Preparação das soluções osmóticas	47
3.3 - Processamento da berinjela desidratada em fatias	48
3.4 - Seleção, higienização e processamento das berinjelas	49
3.5 - Caracterização físico-químicas, físicas e químicas	50
3.5.1 - Sólidos solúveis totais (°Brix)	50
3.5.2 - Cinzas	50
3.5.3 - Sólidos totais	50
3.5.4 - Acidez total titulável	50
3.5.5 - pH.....	50
3.5.6 – Cloreto de sódio.....	51
3.5.7 - Teor de água	51
3.5.8 - Atividade de água (a_w)	51
3.5.9 - Cor.....	52
3.5.10- Textura	52
3.5.11- Análises de minerais.....	53
3.6 - Otimização da desidratação osmótica	54
3.6.1 - Planejamento experimental	54
3.7 - Otimização da secagem.....	56
3.7.1- Secagem	56
3.7.2 - Cinética de secagem.....	57
3.7.3 - Modelagem da Secagem.....	58
3.8 - Morfologia das berinjelas “in natura”, desidratada osmoticamente e após a secagem	59
3.9 - Elaboração da conserva com diferentes condimentos.....	59
3.9.1 - Formulação das conservas.....	59
3.9.2- Esterilização dos vidros.....	60
3.9.3 - Envase	60
3.9.4 - Pasteurização das conservas	61
3.9.5 – Produto	61
3.10 - Caracterização física, química e físico-química da conserva com diferentes condimentos.....	62
3.11 - Avaliação da qualidade microbiológica da conserva com diferentes condimentos ...	62
3.12 - Aceitação sensorial e a intenção de compra da conserva de berinjela em azeite com diferentes tipos de condimentos	63
4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1 - Caracterizações físico-química, física e química da berinjela “in natura”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas.....	64
4.2 - Estudo da otimização da desidratação osmótica das fatias de berinjela	72
4.2.1– Perda de Água.....	75
4.2.2 – Perda de Massa	81
4.2.3 – Ganho de sólidos	86
4.2.4 - Índice de eficiência da desidratação (IED)	92
4.2.5 - Otimização do processo	97

4.3 - Secagem convectiva	100
4.3.1 – Cinética de secagem	100
4.3.2 – Modelos matemáticos	101
4.3.3 – Modelagem difusional de Fick	109
4.4 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	111
4.5 – Avaliação química, física e físico-química da conserva de berinjela.....	113
4.6 - Qualidade microbiológica das conservas de berinjelas com diferentes condimentos	115
4.7-Avaliação sensorial	116
4.7.1. - Caracterização dos consumidores por gênero	116
4.7.2 - Caracterização dos provadores por grau de escolaridade.....	117
4.7.3 - Caracterização dos provadores por idade.....	118
4.7.4 - Avaliação da aceitação	118
4.7.5 - Perfil sensorial das conservas de berinjelas com diferentes condimentos	123
4.7.6 - Avaliação da intenção de consumo	125
5 .0 – CONCLUSÕES	129
6 .0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
APÊNDICE A	157
APÊNDICE B.....	160
APÊNDICE C.....	164
APÊNDICE D	168
APÊNDICE E.....	173
ANEXOS	176

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Berinjelas (<i>Solanum melongena</i> L.).....	4
Figura 2.2	Diversidade de cores e formas da berinjela.....	5
Figura 2.3	Variedades de berinjela comerciais.....	5
Figura 2.4	Fluxos de transferência de massa durante a desidratação osmótica em fatias de berinjela.....	10
Figura 2.5	Curva de secagem: evolução do tempo (t), do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da taxa de secagem (dX/dt).....	20
Figura 2.6	Exemplo de curvas de secagem de diferentes produtos: manga, abacaxi, banana e cenoura na temperatura de 60 °C.....	21
Figura 2.7	Coordenadas do sistema CIE lab de cor.....	34
Figura 2.8	Demonstração da curva que relaciona a força e o tempo necessários para a TPA da fatia de berinjela.....	35
Figura 2.9	Curva típica de uma análise instrumental do perfil de textura (TPA).....	36
Figura 3.1	Berinjelas (<i>Solanum melongena</i> L.) “ <i>in natura</i> ” com casca.....	47
Figura 3.2	Fluxograma básico do processamento de berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.) desidratada em fatias.....	48
Figura 3.3	Berinjela (<i>Solanum melongena</i> L.) sendo sanitizadas em solução de 50 ppm de cloro livre.....	49
Figura 3.4	Berinjela descascada e cortadas ao meio (A) e em fatias (B).....	50
Figura 3.5	Equipamento utilizado para determinação dos atributos de textura TATX plus – STABLE MICRO SYSTEMS (A), análise de textura em fatias de berinjela <i>in natura</i> (B), análise de textura em fatias de berinjela osmodesidratadas (C), análise de textura em fatias de berinjela osmodesidratadas e secas (D).....	53
Figura 3.6	Espectrômetro de dispersão de raios X, modelo EDX-720.....	54
Figura 3.7	Fatias de berinjelas sobre bandejas e em estufa com circulação de ar.....	57
Figura 3.8	Fatias de berinjelas sobre cestas de arame galvanizado.....	58
Figura 3.9	Vidros e tampas em um recipiente contendo água quente.....	60
Figura 3.10	Frascos com a conserva de berinjela.....	61
Figura 3.11	Conserva de berinjela armazenada em local arejado.....	62
Figura 4.1	Diagrama de Pareto da perda de água das fatias de berinjela osmodesidratadas.....	77
Figura 4.2	Superfícies de resposta para a perda de água (PA): (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjela.....	80
Figura 4.3	Diagrama de Pareto para a Perda de Massa das fatias de berinjela.....	83
Figura 4.4	Superfícies de resposta para a perda de massa (PM): (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40°C) nas fatias de berinjela.....	85
Figura 4.5	Diagrama de Pareto para o ganho de sólidos das fatias de berinjela.....	88

Figura 4.6	Superfícies de resposta para o ganho de sólidos (GS): (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjela.....	91
Figura 4.7	Diagrama de Pareto do IED das fatias de berinjela osmodesidratadas.....	93
Figura 4.8	Superfícies de resposta para o Índice de eficiência da desidratação (IED) (a) Temperatura x Concentração (240 min); (b) Temperatura x Tempo (6%% de NaCl); (c) Concentração x Tempo (40 °C) nas fatias de berinjela.....	96
Figura 4.9	Curva de contorno para a perda de água (a), perda de massa (b), ganho de sólidos (c) e índice de eficiência de desidratação (d) na região otimizada do planejamento fatorial.....	99
Figura 4.10	Curvas de secagem das fatias de berinjelas nas diferentes temperaturas de secagem.....	101
Figura 4.11	Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Page.....	105
Figura 4.12	Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Henderson & Pabis.....	106
Figura 4.13	Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Lewis.....	107
Figura 4.14	Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Midilli.....	108
Figura 4.15	Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo Cavalcanti Mata.....	109
Figura 4.16	Ajuste ao modelo de Fick sem considerar o encolhimento nas diferentes temperaturas de secagem nas fatias de berinjela osmodesidratadas.....	110
Figura 4.17	Microscopia óptica de fatias de berinjelas secas a 70 °C com aumento de 100 (A), 500 x (B) e 1500 x (C) e desidratadas osmoticamente em soluções ternárias (água/açúcar/NaCl) em concentração de 3%% de NaCl com aumento de 100 (D), 500 x (E) e 1500 x (F).....	112
Figura 4.18	Provedores por gênero.....	117
Figura 4.19	Distribuição dos provedores por escolaridade.....	117
Figura 4.20	Distribuição dos provedores por idade.....	118
Figura 4.21	Atributos avaliados no escore de pontos das conservas de berinjelas com diferentes condimentos.....	124
Figura 4.22	Intenção de consumo (%) da conserva de berinjela com azeite.....	125
Figura 4.23	Intenção de consumo (%) da conserva de berinjela, azeite e orégano.....	126
Figura 4.24	Intenção de consumo (%) da conserva de berinjela com azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim.....	127
Figura 4.25	Intenção de consumo (%) da conserva de berinjela com azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim.....	128

TABELAS

Tabela 2.1	Composição centesimal da berinjela.....	7
Tabela 2.2	Propriedades nutricionais internas das berinjelas.....	8
Tabela 2.3	Atividade de água (a_w) mínima para o desenvolvimento de determinados microrganismos.....	31
Tabela 3.1	Níveis das variáveis do planejamento fatorial $2^3 + 3$ para a desidratação osmótica da berinjela.....	55
Tabela 3.2	Planejamento fatorial 2^3 com triplicata do ponto Central aplicado as fatias de berinjelas (<i>Solanum melongena</i> L.)	55
Tabela 3.3	Massa de condimentos (g) utilizados na elaboração da conserva.....	60
Tabela 4.1	Valores médios dos parâmetros físico-químicos das berinjelas “ <i>in natura</i> ”, osmodesidratadas e secas em diferentes temperaturas.....	66
Tabela 4.2	Valores médios dos parâmetros físicos das fatias de berinjelas “ <i>in natura</i> ”, osmodesidratadas e secas em diferentes temperaturas.....	69
Tabela 4.3	Valores médios dos parâmetros químicos das fatias de berinjelas “ <i>in natura</i> ”, osmodesidratadas em diferentes temperaturas.....	71
Tabela 4.4	Respostas das variáveis dependentes de acordo com o planejamento fatorial da fatia de berinjela desidratadas osmoticamente.....	72
Tabela 4.5	Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para a Perda de água das fatias de berinjela osmodesidratadas.....	76
Tabela 4.6	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de água das fatias de berinjelas.....	79
Tabela 4.7	Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para a Perda de Massa das fatias de berinjela osmodesidratadas.....	82
Tabela 4.8	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de massa das fatias de berinjelas.....	84
Tabela 4.9	Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para Ganho de sólidos das fatias de berinjela osmodesidratadas.....	86
Tabela 4.10	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para ganho de sólidos das fatias de berinjelas.....	89
Tabela 4.11	Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para IED das fatias de berinjela osmodesidratadas.....	92
Tabela 4.12	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para IED das fatias de berinjelas.....	94
Tabela 4.13	Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de secagem para as diferentes temperaturas avaliadas em fatias de berinjela.....	104
Tabela 4.14	Valores da difusividade efetiva de água nas diferentes temperaturas de secagem das fatias de berinjelas osmodesidratadas com seus respectivos DQM e coeficientes de determinação.....	110
Tabela 4.15	Valores médios da análise química, física e físico-química da conserva de berinjela com diferentes condimentos.....	113
Tabela 4.16	Resultados da análise microbiológica das conservas de berinjelas com diferentes condimentos.....	116
Tabela 4.17	Notas médias da avaliação de aceitação da equipe de provadores em relação a: aparência, aroma, cor, sabor e textura das amostras de conservas de berinjela.....	119

Tabela 4.18	Notas médias e coeficientes de concordância entre julgadores (CC) da análise sensorial das amostras de conserva de berinjela com diferentes condimentos quanto aos parâmetros aroma, aparência e cor.....	120
Tabela 4.19	Notas médias e coeficientes de concordância (CC) entre julgadores da análise sensorial de conserva de berinjela com diferentes condimentos quanto aos parâmetros sabor e textura.....	121
Tabela 4.20	Média e desvios-padrão dos escores obtidos no teste de atitude de consumo das conservas de berinjelas com diferentes condimentos.....	122
Tabela 4.21	Distribuição da frequência dos escores atribuídos pelos provadores no teste de atitude de consumo das conservas não condimentadas e conservas condimentadas.....	123



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS



RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de processar a berinjela (*Solanum melongena* L.) utilizando técnicas combinadas de desidratação osmótica e secagem convectiva, visando à obtenção de um novo produto para a indústria alimentícia. As fatias de berinjela “*in natura*”, osmodesidratado e secas foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos (sólidos solúveis totais, cinzas, sólidos totais, acidez total titulável, pH e sódio), físico (teor de água, atividade de água, cor e textura) e químico (minerais). As fatias de berinjela “*in natura*” se apresentaram pouco ácidas, com o pH bem mais próximo do neutro em comparação às fatias de berinjela osmodesidratada e secas, com predominância do aumento no teor de cinza ao decorrer do processo. A melhor condição de processo encontrada para a desidratação osmótica das fatias de berinjela foi na temperatura de desidratação osmótica 30 °C; 3% da concentração de NaCl e tempo de imersão de 120 min. A secagem convectiva foi realizada em secador de bandejas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com velocidade do ar de 1,2 m/s. Os dados experimentais obtidos na secagem proporcionaram a avaliação das curvas de secagem, às quais foram ajustadas segundo os modelos de Page, Henderson e Pabis, Lewis, Midilli e Cavalcanti Mata. Os modelos de Midilli e Cavalcanti Mata foram os que melhor se ajustaram à de cinética de secagem das fatias de berinjela osmodesidratadas. As microestruturas das fatias de berinjelas sem desidratação e também as fatias osmodesidratadas e secadas a 70 °C foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura, onde foi possível observar que a combinação de processos nas fatias de berinjela provocou uma maior destruição das estruturas celulares, bem como uma maior desorganização das células, resultado do colapso, tornando-se um produto tipicamente amorfo. A amostra de conserva de berinjela osmodesidratada (azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim), obteve maior aceitação em relação a aparência, aroma, cor, sabor e textura das amostras de conservas de berinjela superiores às demais amostras de conservas.

Palavras-chave: *Solanum melongena* L. Solução ternária. Conserva.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS

ABSTRACT

This work was developed with the objective of processing the eggplant (*Solanum melongena* L.) using combined techniques of osmotic dehydration and convective drying, aiming at obtaining a new product for the food industry. The "in natura" eggplant slices, dried and dried were characterized as physical-chemical parameters (total soluble solids, ash, total solids, titratable total acidity, pH and sodium), physical (water content, water activity, color and texture) and chemical (minerals). The slices of eggplant "in natura" presented little acid, with the pH much closer to the neutral one compared to the slices of eggplant, the dried and dried, with predominance of the increase in the ash content in the course of the process. The best process condition found for osmotic dehydration of eggplant slices was at the osmotic dehydration temperature 30 ° C; 3% NaCl concentration and immersion time of 120 min. The convective drying was carried out in a tray dryer at temperatures of 50, 60 and 70 °C, with air velocity of 1.2 m / s. The experimental data obtained in the drying provided the evaluation of the drying curves, which were adjusted according to the models of Page, Henderson and Pabis, Lewis, Midilli and Cavalcanti Mata. The models of Midilli and Cavalcanti Mata were the ones that best fit the drying kinetics of eggplant slices. The microstructures of slices of eggplants without dehydration and also the slices modified and dried at 70 ° C were analyzed by scanning electron microscopy, where it was possible to observe that the combination of processes in the eggplant slices caused a greater destruction of the cellular structures, as well as a greater disorganization of the cells, resulting from the collapse, becoming a typically amorphous product. The sample of preserved eggplant (olive oil, chilli pepper, parsley and rosemary) was more widely accepted for the appearance, aroma, color, flavor and texture of the eggplant preserves samples than the other canned samples.

Keywords: *Solanum melongena* L. Ternary solution. Preserves.

1.0 - INTRODUÇÃO

A berinjela é uma hortaliça anual pertencente à família Solenaceae originária da Índia e introduzida no Brasil no século XVI. O seu fruto é fonte de proteínas, vitaminas A, B1, B2, B5, C e minerais como cálcio, fósforo, ferro, potássio e magnésio. Por ser rica em proteínas é freqüentemente usada em substituição à carne. É um alimento importante para nossa saúde, pois ela tem o poder de reduzir a taxa de colesterol e na redução de gordura do fígado, ajudando na digestão de alimentos mais pesados. Do ponto de vista biológico, é uma das hortaliças que apresenta as grandes perdas por decomposição pós-colheita porque é extremamente perecível.

De acordo com HEINZ e SILVA (1995), a comercialização da berinjela é, freqüentemente, realizada a granel e sem o uso de refrigeração, o que resulta, na rápida perda de qualidade pós-colheita, em virtude, do murchamento, aspecto esponjoso e ausência de brilho dos frutos, por consequência, a hortaliça perde valor nutritivo e comercial. Para ALMEIDA et al. (2012), quanto o maior tempo de comercialização menor a preferência dos consumidores pela hortaliça em detrimento de outras, a exemplo de batata, cenoura, pimentão e tomate. Concorrência do mercado e condições ambientais (temperatura e umidade relativa) inadequadas durante o escoamento e comercialização dos frutos faz, com que o maior índice de desperdício da berinjela resulte das perdas fisiológicas.

Há necessidade de se buscar formas de processamento da berinjela para prolongar o período de consumo, reduzindo as perdas devido à deterioração e aumentando a sua estabilidade, permitindo assim sua aceitação e comercialização. Entre as formas de processamento para conservação está a secagem, o mais antigo processo de conservação de alimentos desenvolvido pelo homem, que se apresenta como alternativa para solucionar e/ou minimizar as perdas pós colheita, além de agregar valor ao produto e reduzir perdas, dentro dos quais se destaca o tratamento osmótico, que vem sendo utilizado principalmente como pré-tratamento a alguns processos convencionais, como a secagem ao ar.

Esta técnica consiste na imersão da berinjela em uma solução hipertônica para remover parte da água de hortaliça, e esta remoção da água se dá pelo gradiente de pressão entre a solução osmótica e a hortaliça (SILVA et al., 2012).

As pesquisas comprovam que a desidratação osmótica origina produtos com boas condições de armazenamento, qualidade semelhante à matéria-prima e muitas vezes melhor

Introdução

em cor, sabor e aroma. Porém ainda são poucos os produtos desidratados de berinjela comercializados.

No Brasil, o consumo dos produtos desidratados tem aumentado muito nos últimos anos, tanto pela praticidade de uso, como devido ao elevado valor agregado. Berinjelas desidratadas ainda não são encontradas com facilidade pelos consumidores brasileiros, mas certamente pode se tornar um produto com boa aceitação devido às suas características funcionais. Para isto, é importante que o produto além do valor agregado, apresente qualidade sensorial e preço acessível ao consumidor. O aproveitamento da berinjela desidratada sob a forma de conserva com diferentes condimentos representa um incremento no cultivo e no consumo desta hortaliça, com um baixo custo de produção e um processamento que envolve matérias-primas acessíveis e procedimentos de baixa complexidade.

Estas considerações, associadas à escassez de estudos sobre processamento de hortaliças como a berinjela, no que se refere à elaboração de um produto desidratado, em nível industrial, tornaram válido a realização desta pesquisa, visando a obter produtos desidratados osmoticamente com satisfatória estabilidade e aceitabilidade. Desta forma, além da redução das perdas pós-colheita da berinjela será apresentada uma alternativa para o seu aproveitamento industrial.

1.1 – Objetivo geral

Processamento de berinjela (*Solanum melongena* L.) utilizando técnicas combinadas de desidratação osmótica e secagem convectiva para obtenção de um novo produto para a indústria alimentícia.

1.1.1 – Objetivos específicos

- Realizar a caracterização físico-química (sólidos solúveis totais (°Brix), sólidos totais, acidez total titulável, pH, e sódio), física (teor de água, atividade de água, cor e textura) e química (cinzas e minerais) da berinjela nos estágios “*in natura*”, osmodesidratada e seca;
- Realizar a pré-secagem da berinjela por imersão nas soluções de NaCl em concentrações de 3, 6 e 9% e 40% de sacarose, nas temperaturas 30, 40 e 50 °C por períodos de 120, 240 e 360 min em estufa com circulação de ar;

- Avaliar as influências das variáveis de entrada (concentração, temperatura da solução e tempo) sobre as respostas: %perda de água, %perda de peso, %ganho de sólido e índice de eficiência na desidratação – IED;
- Estudar a cinética de secagem de berinjela no ponto otimizado, pré-desidratado em solução ternária (NaCl, sacarose e água) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, em estufa com circulação de ar, ajustando os modelos matemáticos de Henderson & Pabis, Lewis, Midilli, Cavalcanti Mata e Fick aos dados experimentais;
- Examinar a microestrutura das fatias de berinjelas secas e osmodesidratadas em soluções ternárias através de microscópio eletrônico de varredura;
- Elaboração da conserva com diferentes condimentos no ponto otimizado da secagem, caracterização física (cor, atividade de água e teor de água) e físico-química (acidez total titulável, sólidos solúveis, pH, e cinza) da conserva de berinjela osmodesidratada;
- Avaliar os parâmetros sensoriais quanto à aceitação (aroma, cor, aparência, sabor) da berinjela pré tratada em solução osmótica e seca na melhor temperatura de secagem, utilizando uma escala hedônica de 9 pontos.

2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- Origem e classificação botânica da berinjela

Tipicamente tropical, o seu ciclo vegetativo varia de 100 a 125 dias, dependendo da variedade e da época de cultivo, necessitando de temperaturas elevadas ao longo do ciclo (CARVALHO et al., 2004). A berinjela (*Solanum melongena* L.) (Figura 2.1) vulgarmente conhecida como eggplant, aubergine ou brinjal, é uma hortaliça de importância econômica de zonas tropicais e temperadas do mundo. No Brasil é cultivada em maior escala nos estados de São Paulo, seguido de Minas Gerais e da região Sul do País (EMBRAPA, 2007).



Figura 2.1- Berinjelas (*Solanum melongena* L.)

Os árabes, os orientais (principalmente os japoneses) e seus descendentes são os maiores consumidores desta hortaliça. A pesquisa científica com esta espécie teve início em 1937 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), com a introdução de sementes de algumas variedades comerciais. Em 1940 foram instalados os primeiros ensaios para avaliação das variedades de berinjela recém-introduzidas. Os frutos são grandes, pendentes, do tipo baga, de formatos variáveis (oval, oblongo, redondo, oblongo-alongado, alongado etc.), normalmente brilhantes, de coloração branca, rosada, zebrina, amarela, púrpura ou preta (EMBRAPA, 2007).

No entanto poucas variedades são cultivadas comercialmente (Figura 2.2), sendo a coloração vinho escuro e o formato alongado a maior procura do mercado (MOREIRA et al., 2014).



Figura 2.2 - Diversidade de cores e formas da berinjela

Fonte: ANÉFALOS et al. (2008)

Encontram-se no mercado brasileiro cerca de duas dezenas de cultivares de berinjela, entre híbridos e cultivares de polinização aberta. Estas cultivares diferem entre si em produtividade, formato, coloração, brilho de frutos e resistência à doenças. Segundo o Programa Horti & Fruti Padrão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (MOREIRA et al., 2006), a berinjela está classificada comercialmente em escuras (comum, japonesa roxa, japonesa preta, japonesa comprida, conserva ryoma, conserva macho), rajadas e claras (Figura 2.3).

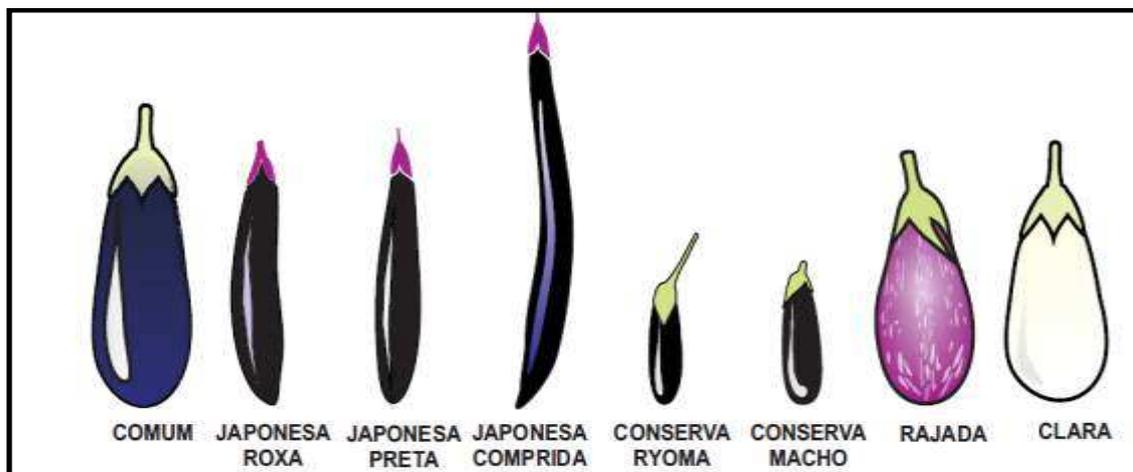


Figura 2.3 – Variedades de berinjela comerciais

Fonte: MOREIRA et al. (2006)

2.2 - Importância econômica

A berinjela foi utilizada inicialmente como planta ornamental e posteriormente como hortaliça de importância secundária, porém, em vista do crescente interesse da população em consumir produtos de origem vegetal, livres de calorias excessivas e de colesterol, tem aumentado, continuamente, o seu volume comercializado (CHEREM et al., 2007).

Suas principais formas de uso são “*in natura*”, a granel, sem refrigeração, e extrato seco, na forma de cápsulas. Tem se verificado aumento no consumo dos frutos da berinjela, motivado por consumidores mais exigentes em adquirir produtos mais saudáveis e fitoterápicos (MOREIRA et al., 2014).

Segundo ANÉFALOS et al. (2008), a utilização da berinjela processada ainda é incipiente. Algumas empresas, de pequeno porte, podem processar em conserva e, também, berinjela na forma de antepastos. Há, também, interesse na comercialização do produto moído em formulações de alimentos alternativos como, por exemplo, “hambúrgueres” de berinjela.

Por suas características nutricionais, a farinha de berinjela desponta como um ingrediente alimentar altamente desejável para enriquecer outros alimentos. Dentre os atrativos da berinjela, pode se ressaltar o elevado teor de fibra alimentar, que permite que essa farinha possa ser utilizada na elaboração de produtos de panificação (biscoitos e pães) e massas alimentícias, ampliando a oferta de produtos integrais. Esse novo nicho de mercado pode atingir tanto consumidores saudáveis, que priorizam bons hábitos alimentares, como aqueles que apresentam algumas patologias, tais como, constipação intestinal, alto nível de colesterol no sangue e obesidade (PEREZ e GERMANI, 2007).

Outra possibilidade é a venda da berinjela minimamente processada: higienizada e embalada. A utilização do produto descascado e/ou picado exige maiores cuidados neste tipo de processamento, pelo fato da berinjela ser facilmente oxidada pelo ar, após descascamento e corte. Neste caso, a utilização de antioxidantes, atmosfera modificada e embalagens mais apropriadas, com maior barreira à migração de gases, são alternativas de processamento mínimo. Embora ocorra agregação de valor ao produto decorrente desse processo, estudos deverão ser realizados para se verificar a sua viabilidade econômica, uma vez que provavelmente haverá elevação nos custos de produção (ANÉFALOS et al., 2008).

2.3 - Composições químicas da berinjela

De acordo com sua composição química, nota-se que a berinjela crua e cozida é rica em energia, fibra alimentar, cálcio e vitamina C (Tabela 2.1). A coloração arroxeada da casca

da berinjela é atribuída à grande quantidade de flavonoides, que possuem propriedades antioxidantes e contribuem para o sabor da berinjela (FLICK et al., 1978; GEBHARDT e THOMAS, 2002; SADILOVA et al., 2006).

Tabela 2.1 – Composição centesimal da berinjela.

Componentes	Berinjela crua	Berinjela cozida
Umidade (%)	93,8	94,4
Energia (kcal)	20	19
Proteína (g/100g)	1,2	0,7
Lipídios (g)	0,1	0,1
Carboidratos (g)	4,4	4,5
Fibra Alimentar (g)	2,9	2,5
Cinzas (g)	0,4	0,3
Cálcio (mg)	9	11
Magnésio (mg)	13	9
Manganês (mg)	0,10	0,11
Fósforo (mg)	20	15
Ferro (mg)	0,2	0,2
Sódio (mg)	Tr	1
Potássio (mg)	205	105
Cobre (mg)	0,06	0,04
Zinco (mg)	0,1	0,1
Tiamina (mg)	0,04	0,04
Riboflavina (mg)	0,05	Tr
Piridoxina (mg)	Tr	Tr
Niacina (mg)	Tr	Tr
Vitamina C (mg)	3,0	Tr

Tr: traço

Fonte: NEPA (2006)

O fruto de berinjela é uma boa fonte de sais minerais e vitaminas e seu valor nutricional total pode ser comparado ao do tomate. Análises têm mostrado que o peso fresco dos frutos apresenta a seguinte composição: 96,3% de água, 1,9% de fibras e valor energético 19 Kcal. Em 100 g de berinjela crua encontram-se os seguintes minerais: 1,1 mg de cobre; 100 mg de enxofre; 90 mg de magnésio; 3,8 mg de manganês; 2,7 mg de zinco; 112,7 mg de

potássio; 38,2 mg de sódio; 17 mg de cálcio; 0,4 mg de ferro e 29 mg de fósforo. As vitaminas são encontradas nas seguintes proporções: 5 µg de vitamina A (retinol), 60 µg de vitamina B1 (tiamina), 45 µg de vitamina B2 (riboflavina), 0,6 µg de vitamina B3 (niacina) e 1,2 mg de vitamina C (ácido ascórbico) (EMBRAPA,2007).

Com uma maior informação acerca dos alimentos que consome, o consumidor associa as informações com as exigências atuais de rotulagem mais completa e rigorosa valorizando cada vez mais as propriedades nutricionais internas das berinjelas (Tabela 2.2).

Tabela 2.2– Propriedades nutricionais internas das berinjelas.

Características internas					
Variedade	Acidez	Cor da polpa	°Brix	Espes. da casca	Peso médio
Comum	2,2	Amarelo esverd.	5,5	Mais grossa	350g
Japonesa roxa	1,6	Amarelo esverd.	6,0	Média	135g
Japonesa preta	1,6	Amarelo esverd.	6,0	Média	210g
Japonesa comprida	1,6	Amarelo esverd.	6,0	Média	140g
Conserva Ryoma	1,3	Amarelo esverd.	4,0	Mais fina	10g
Conserva Macho	1,6	Amarelo esverd.	4,0	Mais fina	15g
Rajada	2,0	Amarelo esverd.	6,0	Mais grossa	350g
Branca	2,0	Amarelo esverd.	6,0	Mais grossa	300g

Fonte: ANÉFALOS et al. (2008)

2.4 - Desidratação Osmótica

A desidratação osmótica consiste na imersão de um alimento (frutas, vegetais, carnes de diversas origens, queijos dentre outros) em uma solução hipertônica, cuja atividade de água (a_w) seja inferior à atividade de água do produto (MAYOR et al., 2011). A osmose apresenta vantagem sobre as características de cor, sabor e textura, além de diminuir o escurecimento enzimático das frutas durante o processo de secagem (FIOREZE, 2004).

A desidratação osmótica é um pré-processamento muito utilizado para secagem. Nesta operação, o material fresco é imerso em solução muito concentrada de sal ou açúcar. Durante o tratamento, o material perderá água diminuindo o tempo de secagem, além das soluções atuarem como conservantes de cor, aroma e textura. Para a secagem da berinjela, as melhores condições são a imersão por 20 minutos em solução aquosa de NaCl a 10% e 35 °C (EMBRAPA, 2007).

Para FIOREZE (2004) a osmose é o processo no qual as células vivas, animais ou vegetais, na qual a água passa através das membranas semipermeáveis, de uma retenção de baixa concentração de sólidos solúveis (solução hipotônica), para outra concentração mais elevada (solução hipertônica). A força que ocasiona essa migração de solução é denominada “pressão osmótica”.

O gradiente de potencial químico que resulta em gradiente de pressão osmótica entre o alimento e a solução osmótica, ou gradiente de atividade de água do sistema promove dois fluxos contracorrente principais: a transferência parcial de água do interior do alimento para a solução osmótica e a difusão de soluto da solução osmótica para o alimento (MAYOR et al., 2011). A soma destes dois fluxos irá resultar em uma mudança de massa líquida que tem uma influência sobre o rendimento do processo osmótico (GARCÍA et al., 2010).

O aspecto principal deste processo é que ele efetua, simultaneamente, uma redução da quantidade de água no alimento e uma incorporação de outros sólidos, sem necessidade de energia térmica para promover a transferência de massa, como ocorre no processo de desidratação convectiva a ar quente (FIOREZE, 2004).

Dentro deste contexto, o processo de desidratação osmótica, que consiste em colocar pedaços de frutas ou hortaliças numa solução hipertônica de desidratação, permite uma redução parcial do conteúdo de umidade do alimento, possibilitando também sua formulação, de maneira simultânea (PEREIRA, 2006).

Os solutos mais utilizados são os sais e sacaroses, cujo processo é devido ao aumento da pressão osmótica pela adição dos solutos na solução e a atividade de água dessa solução

fica menor que atividade de água do produto, quando se estabelecem três fluxos de massa. O principal fluxo ocorre de dentro das células, através das membranas celulares, para os espaços intercelulares e então para a solução osmótica. Já o segundo fluxo, de menor intensidade em sentido oposto, se deve à migração dos sólidos solúveis da solução para o interior do produto para o terceiro fluxo, onde se apresenta com menor intensidade que as anteriores: é a migração de substâncias solúveis (ácidos orgânicos, minerais, vitaminas, etc.) naturais do alimento para solução osmótica, junto ao fluxo de água, como ilustrado na Figura 2.4 (FIOREZE, 2004).

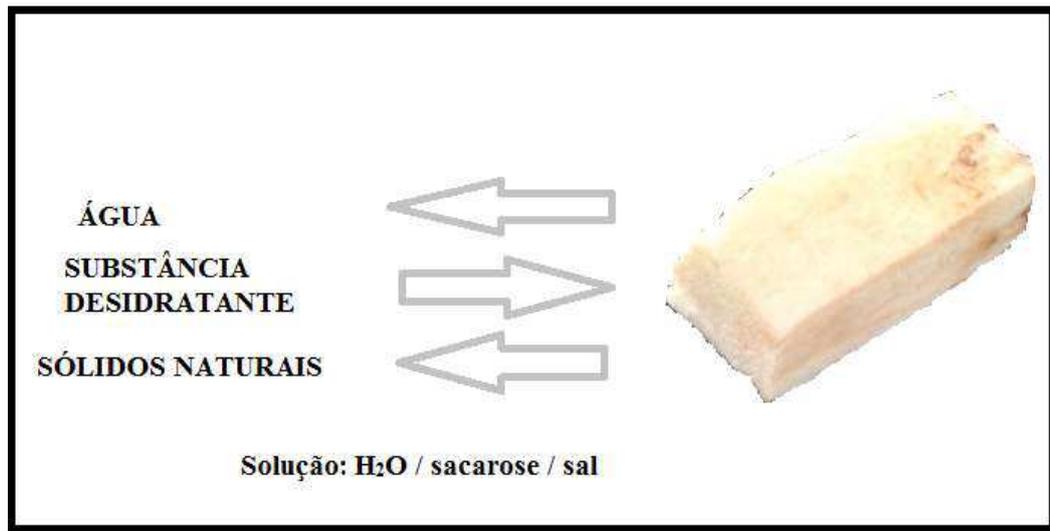


Figura 2.4 - Fluxos de transferência de massa durante a desidratação osmótica em fatia de berinjela

Como a membrana responsável pelo transporte osmótico não é perfeitamente seletiva, outros solutos presentes nas células (vitaminas, minerais e sacaroses orgânicos) também podem se difundir para a solução osmótica (RASTOGI et al., 2002).

Este processo sofre influência de alguns fatores, como o corte do produto, o agente desidratante, a concentração do soluto, a temperatura do processo, o tempo de imersão do produto na solução, em que a solução permanece estática ou a ser agitada (FIOREZE, 2004).

Em geral, a desidratação osmótica é realizada à pressão atmosférica e na temperatura de 20 a 50 °C para as frutas e legumes. Altas temperaturas favorecem a transferência de massa, elevando a quantidade de água retirada, mas se observa que em temperaturas próximas a 50 °C começa a destruição da parede celular e a textura e o sabor dos frutos são irremediavelmente prejudicados. Os produtos osmoticamente desidratados e, posteriormente, secados apresentam, quando comparados com produtos apenas secos, melhor textura, maior retenção de vitaminas, melhor sabor e estabilidade de cor. A vida de prateleira de um produto osmoticamente desidratado e seco varia de seis meses a um ano (FAVA, 2004).

TORREGGIANI e BERTOLO (2001), afirmam haver um grande potencial de mercado para produtos de frutas e hortaliças de alta qualidade, sendo a desidratação osmótica uma importante ferramenta para desenvolver novos produtos, agregar valor aos produtos de frutas e hortaliças existentes no mercado e preparar frutas e hortaliças com propriedades funcionais.

Para FIOREZE (2004) as principais vantagens da desidratação osmótica são: inibição do escurecimento enzimático, retenção da cor natural do produto sem adição de sulfitos, alta retenção dos compostos voláteis durante e posterior a desidratação com ar quente, e ausência de mudança de fase no processo, o que significa menor consumo de energia. Outra vantagem seria o mercado consumidor, no qual se teriam mais opções de consumo de frutas com as mesmas qualidades do fruto “*in natura*”.

A qualidade da desidratação osmótica depende de fatores como a concentração, o tipo de agente osmótico, a temperatura da solução, a pressão de trabalho, o tempo de imersão, a natureza do produto e a área de superfície exposta à troca osmótica (SANTOS, 2003).

Segundo MAGALHÃES e CORREIA (2010), o emprego da desidratação osmótica pode alterar a formulação do alimento de modo a:

- Modificar a composição físico-química do alimento através da retirada de água ou pela adição de agentes depressores de atividade de água;
- Agregar substâncias que melhorem as características sensoriais do produto;
- Adicionar substâncias com funções especiais, como por exemplo, compostos antioxidantes.

A grande limitação do processo de desidratação osmótica tem sido estabelecer um processo em que essa tecnologia simples possa ser usada de forma a não gerar resíduos e sim co-produtos. O desafio consiste em propor um sistema com baixo nível de investimento, que gere produtos de boa qualidade e preços competitivos para ser utilizado por pequenos produtores rurais (GOMES et al., 2007).

2.4.1 - Agentes desidratantes

O tipo de agente osmótico afeta a cinética de remoção da água e a incorporação de sólidos. À medida que se aumenta o peso molecular dos solutos observa-se uma diminuição dos sólidos incorporados e um aumento da perda de água (SANTOS, 2003).

Os agentes osmóticos utilizados na desidratação de frutas e hortaliças são as soluções de sacarose, frutose, glicose e cloreto de sódio. O tipo de sacarose utilizado como agente osmótico afeta significativamente a cinética da desidratação osmótica. Com o aumento da

massa molecular dos solutos são observados: diminuição dos sólidos incorporados e aumento de perda de água (MAYOR et al., 2011).

Os sistemas ternários promovem efeito sinérgico dos solutos utilizados na solução desidratante. A eficácia do tratamento dependerá da utilização adequada dos agentes osmóticos (MAYOR et al., 2011). A desidratação osmótica em soluções ternárias de sacarose/NaCl/água permite o uso de concentrações maiores de solutos, sem que se atinja o limite de saturação das soluções, além de aumentar a perda de água em comparação com as soluções binárias salinas (HEREDIA et al., 2007).

2.4.1.1 - Sacarose

A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) é um dissacarídeo, composto por uma molécula de α -glicose e uma de frutose, unidos por uma ligação glicosídica entre o primeiro átomo de carbono da glicose e o segundo átomo de carbono da frutose, sendo uma sacarose não redutora (VALENTE, 2007).

As sacaroses solúveis presentes nos frutos e nas hortaliças, na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura, pelo “flavor”, através do balanço com ácidos, pela cor atrativa, como derivados das antocianinas e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais. Os teores de sacaroses aumentam de acordo com o amadurecimento dos frutos, nos quais esta síntese é feita a partir da degradação de carboidratos, sendo o amido a principal substância de reserva dos vegetais que, com a decomposição, converte o amido em sacaroses solúveis. As principais sacaroses solúveis presentes nos frutos e hortaliças são a glicose, a frutose e a sacarose (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Na análise de alimentos a identificação das sacaroses presentes em uma amostra depende, quase sempre, da natureza dos produtos. Em muitos casos, uma simples medida físico-química é suficiente para sua determinação, em outros, torna-se necessário uma separação das sacaroses componentes (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Para LENART (1996), a sacarose é tida como um ótimo agente osmótico, especialmente quando a desidratação osmótica é empregada como etapa preliminar à secagem convectiva, pois previne o escurecimento enzimático e a perda de aromas. Sua presença na superfície do material representa um obstáculo ao contato com o oxigênio, resultando em uma redução do escurecimento enzimático.

2.4.1.2 - Cloreto de sódio (NaCl)

O cloreto de sódio também é considerado um ótimo agente desidratante, por apresentar uma alta capacidade de redução da atividade de água, fazendo com que a força motriz de saída de água do produto seja maior (TONON et al., 2006). A utilização de mistura de solutos tem sido estudada para melhorar o processo de desidratação osmótica (MERCALI et al., 2011; BORIN et al., 2008).

A mistura de sal e sacarose em proporções diferentes são utilizadas para obter taxas elevadas de perda de água, com uma incorporação pequena de solutos (FERNANDES, 2012).

A eficácia do tratamento dependerá da utilização adequada desses agentes. Ao se utilizar soluções mistas, quando os solutos se apresentam em quantidades adequadas, proporciona-se maior capacidade de desidratação, devido aos efeitos sinérgicos. Em uma solução ternária de sacarose e NaCl. O NaCl pode inibir o efeito que a sacarose produz na formação de crosta na superfície do produto, facilitando a redução da água e aumentando a força motriz da atividade osmótica da solução, tornando-se, assim, interessante a sua mistura (FERRARI et al., 2011).

Particularmente o cloreto de sódio produz uma forte redução da atividade de água da solução osmótica e aumento da pressão osmótica em comparação a concentração de sacarose. Devido ao tamanho reduzido dos íons de cloreto e sódio, ambos permeiam nos tecidos durante a imersão na solução osmótica e se associam como cristais de NaCl, inserindo nos compartimentos celulares, devido à forte força motriz que conduz a maior saída de água do produto, atingindo alto conteúdo de soluto osmótico, chamado de ganho de sólidos (AL-MUHTASEB et al., 2010; AZOUBEL e MURR, 2004; HEREDIA et al., 2009).

Para JESUS et al. (2014) o uso do cloreto de sódio como agente osmótico é desejável quando o sabor salgado mantém ou melhora o sabor do produto processado. É também um excelente agente osmótico, até mesmo quando combinado com a sacarose. Essa combinação é bastante efetiva na desidratação osmótica de tomates, como descrito por HEREDIA et al. (2012).

TELIS et al. (2004) estudaram a desidratação osmótica de tomate e verificaram que a difusividade efetiva do cloreto de sódio diminuiu com o aumento da concentração de sacarose. A massa de sacarose contribui para diminuir o teor de sal na massa seca total, após 2 horas de desidratação osmótica, já que o ganho de sal ocorre predominantemente na primeira hora, período que ocorre grande saída de água (BORIN et al., 2008).

2.4.2- Concentração da solução

Em uma fase inicial do processo osmótico, a retirada de água e impregnação do soluto é diretamente proporcional à concentração da solução. Soluções muito concentradas podem causar um efeito indesejado de mudanças das características no produto final, como excesso de salga, quando o agente osmótico é o cloreto de sódio. Outro fator que pode ocorrer, no caso de perfurações na casa de hortaliças, é o “entupimento” dos furos pelo sal, dificultando a entrada de mais sal, e conseqüentemente não ocasionar as diferenças de pressões entre as células e os espaços intracelulares, não ocorrendo portanto, o processo osmótico (FIOREZE, 2004).

ESCOBAR et al. (2007) afirmam que a composição e a concentração do soluto da solução osmótica e a temperatura influenciam fortemente os coeficientes de difusão na migração dos componentes (água e soluto). Segundo ANTONIO et al. (2008) a concentração das soluções osmóticas utilizando açúcar devem estar na faixa de 40 a 70%. No caso de vegetais, as soluções de cloreto de sódio variam entre 5 e 20%.

Para FALADE e IGBEKA (2007) a maior relação solução / fruta favorece a remoção de maior água e maior absorção de soluto, além de evitar alterações de concentração da solução. Por outro lado, pequena relação solução fruta pode provocar a diluição da solução osmótica pela água removida do produto resultante de um gradiente de concentração menor e, conseqüentemente, uma redução da perda de água.

Foi constatado por KOTOVICZ (2011) que o aumento da concentração da solução osmótica favoreceu a perda de umidade, porém aumentou também a incorporação de sólidos em fatias de Yacon.

CAMPOS et al. (2012) observaram que os valores mais elevados de conteúdo de umidade da desidratação osmótica de carambolas em fatias foram encontrados nos pontos com a maior razão fruto solução (razão 1:2,1), ou seja, a perda de água observada nos processos realizados com uma pequena quantidade de solução foi menor. Isto poderia ser atribuído ao fato de que a solução osmótica foi diluída pela água removida a partir do produto resultante com um gradiente de concentração menor e, conseqüentemente, uma redução da perda de água.

2.4.3 - Temperatura de imersão

A taxa de desidratação osmótica é controlada pela diferença das pressões parciais, que são diretamente relacionadas com a temperatura. Quanto maior essas diferenças maiores serão os fluxos de massa entre o produto e a solução osmótica (LENART, 1996). O aumento da temperatura, porém tem limitações, pois altas temperaturas podem causar o escurecimento do produto, ocorrendo a destruição da membrana celular, assim como alterações indesejadas na coloração final (FIOREZE, 2004).

VALENTE (2007), em seu estudo de desidratação osmótica de abacaxis, observou que o aumento na temperatura provocou uma maior perda de água e incorporação de sólidos.

A temperatura da solução osmótica influencia decisivamente a taxa de desidratação e as propriedades do produto final. Valores entre 20 e 50 °C são considerados ótimos para o processo de transferência de massa e têm sido os mais frequentemente citados nos trabalhos sobre este tema. O emprego de valores acima desta faixa causa perda de componentes nutricionais, mudanças de cor e deterioração de membranas celulares (BERISTAIN et al., 1990).

TONON et al. (2007) verificaram que a temperatura e a composição da solução osmótica apresentaram efeitos significativos em todas as respostas estudadas. O aumento da temperatura e concentração de cloreto de sódio levou ao aumento dos coeficientes de transferência de massa de solutos e água, ou seja, aumentos significativos de ganho e sólidos e perda de água.

Para FERNANDES (2012) na obtenção de “chips” de berinjela (*Solanun melongena* L.) mediante processo combinado de desidratação osmótica em solução ternária e secagem convectiva, a condição ótima para máxima perda de água, mínima incorporação de sacarose e sódio e mínima atividade de água, corresponde a uma maior relação de ganho de sacarose e ganho de sódio, e essa condição foi obtida à temperatura de 50 °C, concentração de sacarose de 45%, concentração de cloreto de sódio de 7,5% e a um tempo de imersão de 127,5 minutos.

2.4.4 - Tempo de imersão

Apesar do aumento tanto da desidratação como a impregnação do soluto no produto aumentar com o tempo, as maiores taxas ocorrem no início do processo. Com o aumento do tempo de imersão, as curvas da cinética do processo tendem a um equilíbrio, sendo que ele é

atingido mais rápido pelo processo de desidratação do que pelo processo de impregnação (FIOREZE, 2004).

A perda de água durante a desidratação osmótica divide-se em duas etapas. No período inicial (aproximadamente 2 horas) ocorre alta taxa de remoção de água e em aproximadamente 30 minutos elevado ganho de sólidos, devido à maior diferença entre a pressão osmótica da solução e do fluido celular do material a ser desidratado, bem como da pequena resistência à transferência de massa nesse estágio do processo (RAOULT WACK, 1994; LENART e PIOTROWSK, 2001). Na segunda etapa, de 2 a 6 horas ocorre um decréscimo da taxa de remoção de água. Em solução com concentração de 50 a 75%, a remoção de água é geralmente da ordem de 40 a 70% (p/p) e a incorporação de solutos de 5 a 25% (p/p) (ANTONIO, 2002; ANGELINI, 2002).

Com o passar do tempo de imersão do alimento na solução osmótica, a membrana celular passa a não fornecer uma barreira efetiva para o soluto, ficando este livre para penetrar dentro de todas as partes da célula (MAURO et al., 2003).

A perda de água ocorre, principalmente, durante as duas primeiras horas, e o maior ganho de sólidos, durante os 30 min iniciais (ALVES et al., 2005; SHIGEMATSU et al., 2005).

De acordo com AZEREDO e JARDINE (2000), a taxa de perda de água diminui ao longo do tempo, até alcançar o equilíbrio com o soluto da solução, em oposição ao ganho de sólidos que tende a aumentar (ALMEIDA et al., 2005).

Segundo LENART (1996) a desidratação osmótica deve ser realizada em curto espaço de tempo, para se alcançar um alto grau de desidratação com um o mínimo de ganho de sólidos. Períodos longos de imersão resultam numa elevação do conteúdo de sólidos provenientes da solução desidratante. O tempo necessário no processo pode ser geralmente reduzido através da utilização de temperatura mais elevada, ocorrendo por consequência uma diminuição na incorporação do soluto e no nível de doçura ou salga do produto (BUCHWEITZ, 2005).

ALVACHIAN et al. (2003) em seu trabalho com desidratação osmótica de jenipapo, verificaram que, paralelamente à satisfatória redução de umidade, 37% a 60%, ocorreu uma indesejável incorporação de sólidos solúveis, efeito considerado adverso, por modificar as características organolépticas próprias e aumentar o peso do fruto, cuja redução é considerada uma das vantagens deste processo. Analisando as causas deste problema, os pesquisadores acima citados constataram uma significativa influência da concentração do agente osmótico utilizado (sacarose comercial) possivelmente associado ao tamanho e à forma das partículas desidratadas.

2.4.5 - Parâmetros operacionais da desidratação osmótica

Na desidratação osmótica, alguns parâmetros são determinados para acompanhamento e avaliação do processo. Destacam-se entre os principais parâmetros a perda de água, ganho de sólidos, perda de massa e índice de eficiência, cujas definições são apresentadas a seguir:

a) Perda de água (PA)

A perda de água é dada pela relação:

$$PA = \frac{M_o X_o - M_f X_f}{M_o} \quad (2.1)$$

em que,

M_o : massa inicial da amostra, g;

M_f : massa final da amostra, g;

X_o : teor de água inicial da amostra, g/100 g ou % em base úmida;

X_f : teor de água final da amostra, g/100 g ou % em base úmida.

b) Perda de massa (PM)

Os fenômenos de transferência de massa, sobretudo a retirada de água, promovem variação do peso das amostras durante o processo osmótico. A perda de percentual de massa é calculada como sendo:

$$PM = \frac{M_o - M_f}{M_o} \times 100 \quad (2.2)$$

em que,

M_o : massa inicial da amostra, g;

M_f : massa final da amostra, g;

c) Ganho de sólidos (GS)

$$GS = \frac{M_o Y_o - M_f Y_f}{M_o} \quad (2.3)$$

em que,

M_o : massa inicial da amostra, g;

M_f : massa final da amostra, g;

Y_o : teor de sólidos inicial da amostra, g/100 g ou % em base úmida;

Y_f : teor de sólidos final da amostra, g/100 g ou % em base úmida.

d) Índice de eficiência da desidratação (IED)

O índice de eficiência da desidratação (IED) é definido como sendo a relação entre a perda de água e ganho de soluto.

$$IED = \frac{PA}{GS} \times 100 \quad (2.4)$$

Dependendo das propriedades desejadas no produto final as seguintes situações podem ocorrer (NETO et al., 2005):

- Processos onde se deseja incentivar a desidratação - deve-se operar com índice de eficiência da desidratação (IED) alto, valores entre 2 a 4%, de modo a obter perda de água alta, mantendo-se o ganho de soluto tão baixo quanto possível;
- Processos onde se deseja incentivar a impregnação - deve-se operar com índice de eficiência da desidratação (IED) baixo, mantendo-se a perda de água tão baixa quanto possível;
- Processos onde se deseja alcançar determinada formulação - o índice de eficiência da desidratação (IED) deve ser controlado a um nível que cubra todas as necessidades de formulação. Neste caso, o ganho de soluto deve ser mantido dentro de uma faixa previamente definida, baseada nas necessidades específicas do produto.

2.5 - Secagem

Dentre os métodos de conservação de alimentos, a secagem é uma das tecnologias pós-colheita amplamente utilizada para superar os problemas relacionados com a

superprodução / excesso de oferta e a alta perecibilidade de frutas e hortaliças (VISHWANATHAN et al., 2010; CHONG e LAW, 2011).

A secagem é uma operação unitária bastante utilizada nos processos industriais e, embora seja grande o interesse em sua compreensão, ela ainda é uma das tecnologias menos entendidas em função da complexidade dos fenômenos envolvidos na transferência simultânea de calor, massa e quantidade de movimento no sólido, durante o processo de secagem (KINGSLEY et al., 2007).

O processo de secagem pode ser definido como a operação unitária que remove água (ou uma substância volátil) de um produto sólido por evaporação, com transferência de energia (calor) e massa (água), contribuindo para que haja uma redução na massa do produto (CÁNOVAS e MERCADO, 2000).

Segundo FIOREZE (2004) a secagem é uma remoção, voluntária ou não, total ou parcial, de uma fase líquida ou gasosa de qualquer material envolvendo exclusivamente transferência de calor e massa. A secagem é utilizada, sobretudo, quando o processo envolve a transferência de calor do ambiente para o produto, a evaporação da água líquida contida no produto e sua retirada na forma de vapor, em convecção natural ou forçada. A secagem pode ocorrer de duas formas, tanto natural quanto artificial, dependendo das condições do produto a ser seco, e a sua utilização final.

A taxa de remoção de água como vapor da superfície do alimento depende de condições externas, tais como: temperatura, teor de água e fluxo do ar, área de superfície do produto e pressão. Já a taxa de migração de água no interior do alimento para a superfície externa é função de condições internas, tais como: a natureza estrutural do material, temperatura e quantidade de umidade do produto (MUJUNDAR e MENON, 1995).

A retirada de água de alimentos é uma parte integrante do processamento de diversos tipos de alimentos. Podem-se citar como principais objetivos dessa desidratação o prolongamento da vida de prateleira, devido à diminuição da atividade de água que resulta em menor atividade de microorganismos, e a diminuição dos custos de manuseio e preparo para processamentos futuros, devido à significativa redução de volume e peso, o que acarreta maior facilidade de transporte e armazenamento. Para alcançar os objetivos da desidratação foi elaborado um processo de secagem de fatias de berinjela em estufa, realizando-se assim a modelagem e análise da cinética (PINHEIRO et al., 2014).

Durante o processo de secagem, quando o sólido é colocado em contato com o ar quente, ocorre o fenômeno da transferência de energia sob a forma de calor do ar ao material, devido à diferença de temperatura entre eles. Em consequência da diferença de pressão parcial de vapor d'água entre a superfície do sólido e o ar, ocorre simultaneamente o fenômeno de

transferência de massa sob a forma de vapor de água do sólido para o ar. De acordo com o comportamento da transferência de calor e massa ao longo da operação, a secagem pode ser dividida em três períodos: período de indução, período em taxa constante e período em taxa decrescente de secagem, como pode ser observado na Figura 2.5.

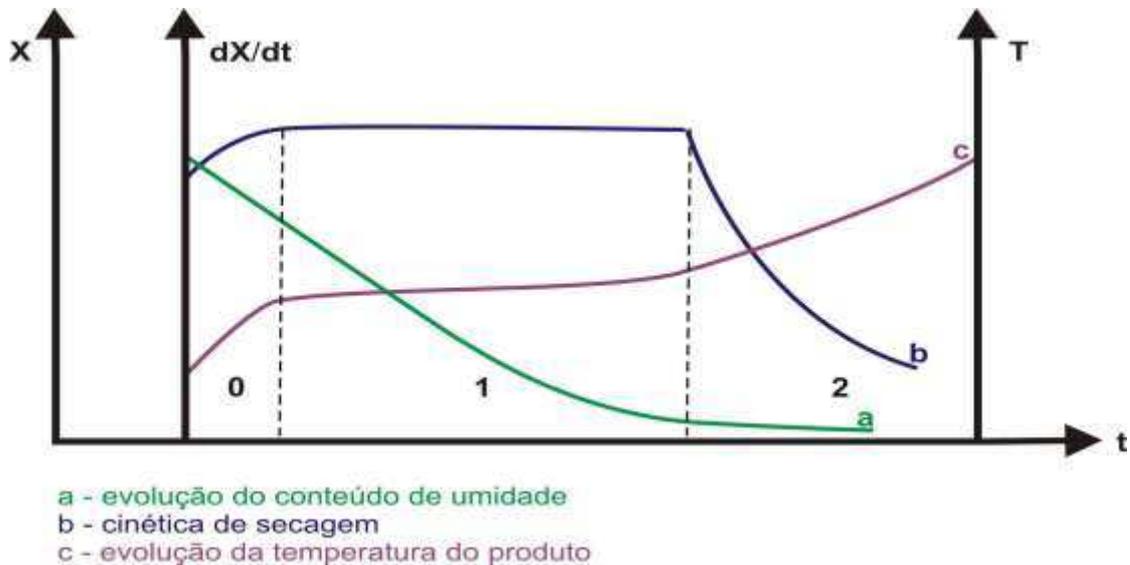


Figura 2.5 – Curva de secagem: evolução do tempo (t), do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da taxa de secagem (dX/dt)

Fonte: PARK et al. (2007)

De acordo com a Figura 2.5, a curva (a) indica a diminuição do conteúdo de umidade (X) do produto em relação ao tempo (t) durante a secagem, a curva (b) representa a cinética de secagem do produto (dX/dt) em relação ao tempo (t), e a curva (c) refere-se à variação da temperatura (T) da amostra ao longo do tempo (t) de secagem. O período de indução (0) representa o início da secagem no qual ocorre a elevação gradual da temperatura do sólido e da pressão de vapor da água contida no mesmo e, conseqüentemente, da velocidade de secagem, até que o fenômeno de transferência de calor seja equivalente à transferência de massa, alcançando o equilíbrio.

Durante o período de taxa constante de secagem (1), o equilíbrio das transferências de massa e calor se manterá enquanto houver água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação. Já no período em taxa decrescente de secagem (2), a quantidade de água na superfície do produto diminui, afetando a transferência de massa, uma vez que a migração de umidade do interior do produto para a sua superfície decresce. A temperatura do sólido aumenta até alcançar a do ar de secagem e o produto atingirem a umidade de equilíbrio

com o ar de secagem, a taxa de secagem passa a ser nula e o processo é encerrado (PARK et al., 2007).

No início da secagem geralmente a água continua a evaporar a uma velocidade constante, semelhante ao mecanismo de evaporação de água em um reservatório. Isto é chamado de período de velocidade constante, e conforme pode ser visto na Figura 2.6, estende-se por 4 horas. A partir do ponto em que ocorre a inflexão da curva de secagem, inicia-se o período de velocidade decrescente de secagem (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

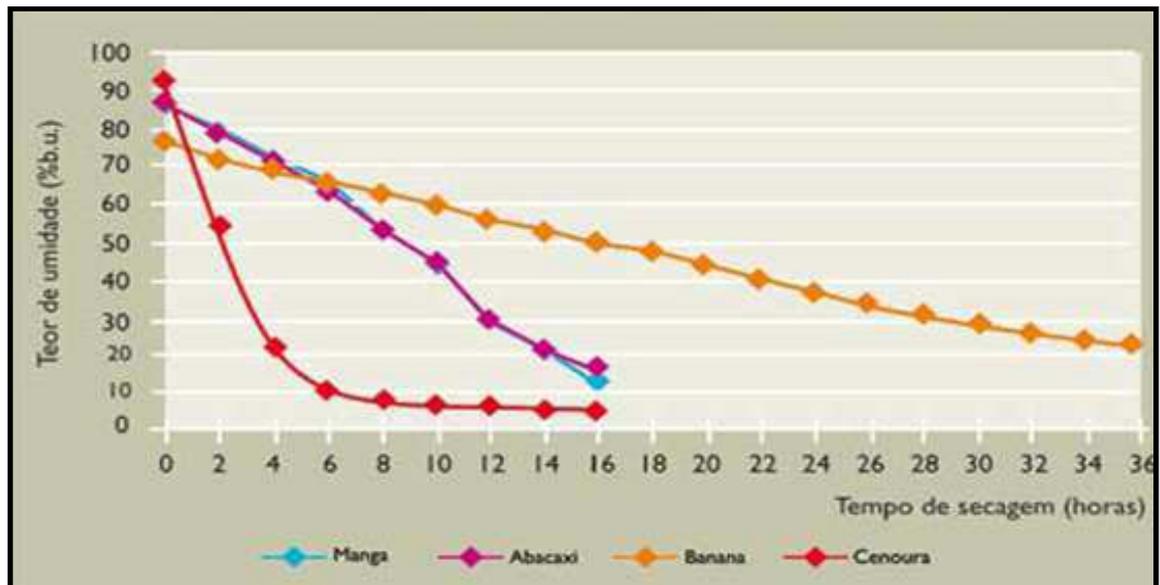


Figura 2.6 – Exemplo de curvas de secagem de diferentes produtos: manga, abacaxi, banana e cenoura na temperatura de 60 °C

Fonte: FOOD INGREDIENTS BRASIL (2013)

Existem diversos modelos de secadores e métodos de secagem, com diferentes níveis de sofisticação e custo de processo, que são usados para diversas situações. As berinjelas podem ser satisfatoriamente desidratadas utilizando-se secadores à pressão atmosférica com circulação forçada de ar, ou mesmo por secagem solar. Depois de retiradas da salmoura, as berinjelas são distribuídas no secador, com temperatura de secagem entre 60 e 65 °C. O tempo de secagem é variável com a velocidade de circulação de ar e o carregamento do secador. Para berinjelas secas leva-se de 4 a 8 h e para farinha de berinjela, cerca de 24 h. Tanto para berinjelas secas quanto para a confecção da farinha, é importante que se faça a rotação das bandejas a cada 4 horas (EMBRAPA, 2007).

Estudos e análises de curvas de secagem e determinação do teor de água permitem entender e visualizar melhor o processo de secagem, bem como escolher o procedimento, o

tratamento, o equipamento e a temperatura adequada para se realizar a desidratação de fruta e hortaliça, para melhor qualidade sensorial e tecnológica (OLIVEIRA et al., 2002)

2.5.1 - Tipos de secagem

Os vários processos de secagem dos produtos de origem vegetal podem ser enquadrados em dois grupos: secagem natural ou ao sol e artificial ou desidratação. Entre estes tem-se vários exemplos: secagem por atomização, em leito de jorro, em estufas, em camada de espuma, liofilização (BAG et al., 2011).

Para FIOREZE (2004) a secagem natural ocorre em função de fatores climáticos, é um processo muito utilizado em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, em que a população rural é formada por pequenos agricultores. Já quando se fala de secagem artificial, ela colocada em quatro grandes grupos:

Secagem com ar quente: o ar ambiente é aquecido, direta ou indiretamente, e então passa pelo produto; este ar cede energia ao produto, o que acarreta a vaporização da água, que é retida pelo fluxo de ar.

Secador em contato com uma superfície quente: neste caso, a energia passa da superfície quente ao produto, por condução, secando-o, e o vapor de água sai do secador em virtude da diferença de densidade.

Secagem a vácuo: certos produtos não podem ter sua temperatura elevada, para evitar a degradação das vitaminas, os quais os produtos necessitam secar em baixas temperaturas, o que se consegue em ambientes de baixa pressão, obtidos em estufas a vácuo.

Secagem a frio (liofilização): nesse processo a água no interior do produto é congelada e então a pressão do sistema é reduzida. A água passa diretamente do estado sólido para vapor (sublimação), surgindo pequenos “túneis”, ou capilares vazios, mantendo o formato do produto “*in natura*” (FIOREZE, 2004).

Este processo possibilita a introdução de novos produtos no mercado, com características próprias e cujas propriedades se mantêm por um tempo mais prolongado, viabilizando a regularização da oferta. Além disso, é possível melhorar o perfil do investimento na produção e no beneficiamento do material “*in natura*”, face aos benefícios que derivam da transformação do produto (FURTADO et al., 2010).

2.5.2 - Efeitos da secagem

A técnica de desidratação empregada na produção de frutas secas é a secagem por ar quente, que consiste em expor o material a uma corrente de ar quente. Durante o tratamento ocorrem os processos simultâneos de transferência de calor e massa. Os fatores que governam a velocidade desses fenômenos de transferência determinam a taxa de secagem, tais como pressões de vapor d'água do ar e no material, temperatura e velocidade do ar, velocidade de difusão da água no material, espessura e superfície exposta (ARGANDOÑA, 2005).

Normalmente, o processo de secagem afeta prejudicialmente a estrutura do alimento e causa alteração na cor por perda de componentes e reações de escurecimento enzimático e não enzimáticos (reações químicas), além da perda de nutrientes voláteis; tudo isso em decorrência da exposição do produto a altas temperaturas por um tempo longo. A fim de melhorar a qualidade sensorial e nutricional do produto desidratado, autores sugeriram a desidratação osmótica como pré-tratamento para a secagem (TORREGGIANI, 1993; RAOULT-WACK, 1994; LENART, 1996).

Entretanto, após a desidratação osmótica a taxa de remoção de água do sólido ao longo da secagem diminui em comparação com o produto sem pré-tratamento, por dois motivos principais: a incorporação de sólidos na superfície do material, dificultando a evaporação da água, e pela redução do teor de água livre do alimento durante a desidratação osmótica (TORREGGIANI, 1993; LENART, 1996).

TAN et al. (2001) verificaram que batata e abacaxi em secagem convectiva com pré-tratamento (desidratação osmótica) apresentavam melhor retenção da cor. NICOLETI et al. (2001) observaram que a taxa de difusividade da água durante a secagem das amostras desidratadas osmoticamente de abacaxi, foi menor do que daquelas “*in natura*”, o que pôde ser explicado pelo menor teor de água nas amostras pré-tratadas, dificultando a migração da água para a superfície da fruta, uma vez que a água remanescente está presente nas regiões de forte interação com a matriz sólida.

A secagem osmo-convectiva que é a combinação da secagem convectiva com a desidratação osmótica, vem sendo realizada por diversos autores (BORIN et al., 2008; CHENLO et al., 2007) com o objetivo de preservar características sensoriais dos alimentos a serem desidratados. Os autores que estudaram essa combinação constataram que as amostras desidratadas osmoticamente requerem menor tempo de secagem que as amostras sem esse pré-tratamento (ALVES, 2003).

Durante o processo de secagem de alimentos, é comum ocorrer o fenômeno do encolhimento devido à alteração na microestrutura do tecido fresco, aumento de cavidades,

células alongadas, dentre outras modificações promovidas pelo estresse térmico e principalmente pela remoção de umidade, que depende do tipo de geometria estudada (BORGES et al., 2008).

As equações 2.5 e 2.6 são empregadas para predição do encolhimento isotrópico da espessura e do volume, respectivamente.

$$L = L_0 (1 + \alpha U_{bs}) \quad (2.5)$$

$$V = V_0 (1 + \beta U_{bs}) \quad (2.6)$$

onde:

L: Espessura do material

L₀: Espessura do material seco ($U_{bs} = 0$)

V: Volume do material

V₀: Volume do material seco ($U_{bs} = 0$)

U_{bs} : Umidade em base seca

α : Coeficiente de encolhimento linear

β : Coeficiente de encolhimento volumétrico

2.5.3 - Variáveis da secagem

A fim de explicar o mecanismo de migração de umidade no interior dos alimentos, vários modelos matemáticos foram propostos para descrever a influência de cada variável no processo e estimar a difusividade da água (TORGRUL e PEHLIVAN, 2004).

Durante os períodos de taxa constante e decrescente os métodos de cálculo da secagem diferem. No primeiro caso, as transferências de calor e massa são analisadas na superfície do material em contato com o ar de secagem; já para o segundo caso, as análises são baseadas nas transferências internas que governam a secagem (PARK, 2001). O período de taxa decrescente é quase sempre o único observado na secagem de frutas. De acordo com STRUMILLO e KUDRA (1986), o comportamento da secagem no período decrescente ocorre por migração capilar da água líquida, sob ação da tensão superficial e este mecanismo controla a velocidade da secagem. A maioria dos modelos utilizados para o estudo da cinética de secagem está baseada na segunda Lei de Fick e nas soluções analíticas da equação de

difusão, apresentada por CRANK (1975). Assim, a lei de Fick equação (2.7) de balanço de massa de água do interior do produto:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla(D_{ef}\nabla X) \quad (2.7)$$

onde:

X = teor de água do produto, decimal, base seca;

t = tempo de secagem, s;

Def = difusividade efetiva, $m^2 \cdot s^{-1}$.

A solução analítica (CRANK, 1975) para a equação de difusão se aplica aos sólidos de formas geométricas simples (corpos semi-infinitos; placas planas, cilindros e esferas) e com difusividade efetiva constante ou variando com a umidade. Para a geometria do produto de placa plana infinita, com a transferência de massa unidirecional durante a secagem e se considerando a difusividade efetiva constante:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{ef} \frac{\partial X}{\partial z} \right) \quad (2.8)$$

onde:

X = teor de água do produto, decimal, base seca;

t = tempo de secagem, s;

z = direção da transferência;

Def = difusividade efetiva, $m^2 \cdot s^{-1}$.

Estabelecendo-se as seguintes condições inicial e de contorno para a umidade X;

- Teor de água inicial uniforme: $X = X_0$, em $t = 0$ e $0 < z < L$
- Teor de água máxima no centro: $\frac{\partial X}{\partial z} = 0$

- Teor de água constante na superfície: $X = X_{eq}$, em $z = L$ e $t > 0$

Considerando-se a resistência externa à transferência de massa desprezível e o encolhimento do material durante a secagem, tem-se:

$$RX = \frac{X_t - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp - \left[(2n+1)^2 \frac{\pi^2 D_{ef}}{4L^2} t \right] \quad (2.9)$$

onde:

X_t : Teor de água média no tempo (g água/ g matéria seca);

X_{eq} : Teor de água de equilíbrio (g água/ g matéria seca);

X_0 : Teor de água inicial da amostra (g água/ g matéria seca);

RX : número adimensional do teor de água;

D_{ef} : difusividade efetiva (m^2/s);

t : tempo (s);

L : meia espessura da amostra (m);

n : número de termos da série;

z : direção da transferência.

O coeficiente de difusão efetiva (D_{ef}) contempla o efeito de todos os fenômenos que podem interferir na taxa de transferência de massa e dificultar a migração de água do interior do sólido para a superfície. A difusividade efetiva não é intrínseca ao material, uma vez que ela varia conforme as condições de secagem (OLIVEIRA et al., 2006).

Em geral, os modelos empíricos são uma expressão da lei de resfriamento de Newton, aplicada à transferência de massa durante a secagem e assumindo que as condições sejam isotérmicas e que a transferência de umidade se restrinja à superfície do produto.

Durante o processo de secagem de materiais higroscópicos porosos no período de taxa de secagem decrescente, a taxa de secagem é proporcional ao teor de água livre no material. O modelo exponencial proposto por Lewis pode ser observado a seguir:

$$\frac{dX}{dt} = -K(X_t - X_0) \quad (2.10)$$

onde;

K : constante de secagem (s^{-1}).

Desconsiderando-se os efeitos no interior do material, a equação de Lewis presume que toda a resistência ao transporte de umidade se encontra na camada limite (KUROZAWA, 2005). A forma integrada é expressa da seguinte forma:

$$\text{Modelo exponencial: } RX = \exp(-kt) \quad (2.11)$$

Dentre os modelos empíricos se destacam os modelos exponenciais. Todos os modelos da curva de secagem utilizam o número adimensional de secagem (Y) como variável dependente, que está em função do tempo de secagem. Segundo VEGA et al. (2007), os modelos para o estudo de cinética de alimentos mais utilizados, além da equação exponencial, são:

Modelo proposto por:

$$\text{PAGE: } RX = \exp(-Kt^n) \quad (2.12)$$

$$\text{HENDERSON e PABIS: } RX = a \exp(-Kt) \quad (2.13)$$

$$\text{LEWIS: } RX = a \exp(-Kt) + c \quad (2.14)$$

$$\text{MIDILLI: } RX = a \exp(-kt^n) + bt \quad (2.15)$$

$$\text{CAVALCANTI MATA: } RX = a_1 \exp(-a_2 t^{a_3}) + a_4 \exp(-a_2 t^{a_5}) + a_6 \quad (2.16)$$

2.6 - Características físico-químicas, físicas e químicas

2.6.1- Sólidos solúveis (°Brix)

Segundo CHAVES et al. (2004), os sólidos solúveis são de fundamental importância para a agroindústria, pois auxilia no controle de qualidade do produto final, processos, ingredientes e de produtos utilizados em indústrias de sorvetes, licores, açúcar, polpas, néctar, álcool, bebidas em geral.

2.6.2 – Cinzas

Resíduo por incineração ou cinzas é a denominação ao resíduo obtido por aquecimento de um produto em temperatura próxima a 550 a 570 °C. Nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização neste aquecimento. Geralmente, as cinzas são obtidas por ignição de quantidade conhecida da amostra. Algumas amostras contendo sais de metais alcalinos que retêm proporções variáveis de dióxido de carbono nas condições da incineração são tratadas, inicialmente, com solução diluída de ácido sulfúrico e, após secagem do excesso do reagente, aquecidas e pesadas. O resíduo é, então, denominado “cinzas sulfatizadas”. Muitas vezes, é vantajoso combinar a determinação direta de umidade e a determinação de cinzas, incinerando o resíduo obtido na determinação de umidade (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

KRUMREICH et al. (2013) avaliaram o valor nutricional da polpa e do fruto inteiro de quatro acessos de abóbora (*Cucurbita máxima*). Verificaram que a quantidade de cinza variou de 6,41 a 8,64% para a polpa de abóbora e 5,68 a 8,68% para o fruto inteiro.

Segundo ZAMBIAZI (2010), o conteúdo em cinzas em uma amostra alimentícia representa o conteúdo total de minerais podendo, portanto, ser utilizado como medida geral da qualidade, e frequentemente são utilizado como critério na identificação de alimentos. O conteúdo em cinzas se torna importante para os alimentos ricos em minerais, o que implica em seu valor nutricional.

2.6.3 – Acidez

De acordo com CHITARRA e CHITARRA (2005) a acidez em produtos hortícolas é atribuída sobre tudo aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre como combinada com sais, ésteres, glicosídeos etc. Em alguns produtos os ácidos orgânicos não só contribuem para a acidez como, também, para o aroma característico, uma vez que alguns elementos são voláteis.

A determinação da acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Um processo de decomposição seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, quase sempre altera a conservação dos íons do hidrogênio. Os métodos de determinação da acidez podem ser os que avaliam a acidez titulável ou que fornecem a concentração de íons-hidrogênio livres, por meio do pH. Os métodos que avaliam

a acidez titulável se resumem em titular, com solução de álcali padrão, a acidez do produto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Os métodos de determinação da acidez também podem definir a acidez titulável ou fornecer a concentração de íons de hidrogênio livres, por meio do pH. Um processo de decomposição seja por hidrólise, oxidação ou fermentação altera, na maioria dos casos, a concentração dos íons de hidrogênio. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz sendo a rancidez comumente acompanhada pela formação de ácidos graxos livres (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.6.4 - pH

O pH (potencial hidrogeniônico) representa o inverso da concentração de íons hidrogênio em dado material. Sua determinação pode ser realizada com o auxílio de papel indicador ou de potenciômetro (peagâmetro) (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Vários fatores tornam importante a determinação do pH de um alimento, tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de micro-organismos, definição da temperatura do rastreamento térmico a ser utilizado, indicação da embalagem, seleção do tipo de material de limpeza e desinfecção, definição do equipamento com o qual a indústria vai utilizar, seleção de aditivos e vários outros fatores (CIABOTTI et al., 2000).

A concentração de íons hidrogênio (pH) de um alimento é relevante na influência que exerce sobre os tipos de micro-organismos aptos à multiplicação e, portanto, sobre as alterações que, logicamente, deveriam produzir (GAVA et al., 2008).

De acordo com FRANCO MELO e LANDGRAF (2008) em relação ao pH os alimentos são subdivididos em alimentos de baixa acidez, que têm pH superior a 4,5; alimentos ácidos, que têm pH entre 4,0 e 4,5 e alimentos muito ácidos, pH inferior a 4,0. O pH próximo a neutralidade, isto é, entre 6,5 e 7,5, é o mais favorável para a maioria dos microrganismos.

FINCO et al. (2009), ao estudarem as características físico-químicas da farinha de berinjela, obtiveram valor de 6,2% em relação ao resíduo mineral (cinzas) e de 4,6 para o potencial hidrogeniônico (pH).

2.6.5 – Teor de água

Com relação à determinação dos macronutrientes que fazem parte da composição centesimal, merece destaque o teor de água já que todas as matérias-primas in natura

apresentam determinado percentual de água, mesmo que em maior ou menor proporção. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O teor de água corresponde à relação percentual entre a quantidade de água e a massa total de determinada quantidade de produto orgânico. Para a perfeita conservação do produto é necessária a redução deste teor a níveis que inibam as reações do seu metabolismo (respiração e transpiração), atividade enzimática, além de outras ações prejudiciais (SILVA, 2003).

A umidade de um alimento está relacionada à sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar o armazenamento, o tipo de embalagem e o processamento. Por sua vez, os sólidos totais são obtidos pela diferença entre o peso total da amostra e o conteúdo de umidade (OLIVEIRA et al., 1999).

A água contida nos alimentos é excelente meio de transmissão de calor, sendo eficiente tanto para resfriar quanto para aquecer. Existem pelo menos dois tipos de água contida nos alimentos: a água livre, fracamente ligada ao substrato e que funciona como solvente, permitindo o crescimento de micro-organismos e as reações químicas; a água combinada, fortemente ligada ao substrato, mais difícil de ser eliminada e não é utilizada como solvente para o crescimento de micro-organismo nem para reações químicas (CASTRO et al., 1998).

De acordo com RODRIGUES (2003) nos frutos e legumes os valores médios do conteúdo de água são elevados, oscilam de variedade para variedade, dependem da época da colheita. A existência de uma porcentagem mínima de água caracteriza o produto como de melhor qualidade e com maior durabilidade (VIEIRA, 1994).

A maior ou menor facilidade na determinação do teor de água de um alimento dependerá das condições em que a água se encontra e da natureza de outras substâncias presentes (CECCHI, 2003).

2.6.6 - Atividade de água (a_w)

Conforme BOBBIO e BOBBIO (2001) a atividade de água (a_w) é a relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento (P) e a pressão de vapor da água pura (P_o) à mesma temperatura. A medida desse valor se baseia no fato de que a pressão do vapor de água sobre um alimento corresponde, após atingir o equilíbrio, a uma temperatura (T), referente à porcentagem da umidade relativa de equilíbrio (URE) do alimento. Quantitativamente, a atividade de água será igual a URE e pode ser representada pela Equação (2.18).

$$a_w = \frac{p}{p_0} = \frac{URE}{100} \quad (2.17)$$

em que:

a_w : atividade de água

P : pressão de vapor de água no alimento

P_0 : pressão de vapor de água pura nas condições de temperatura e pressão

URE : umidade relativa de equilíbrio

Os micro-organismos carecem de água para sua sobrevivência enquanto para seu metabolismo e multiplicação é conveniente a presença de água na forma disponível. O parâmetro que mede a disponibilidade de água em um alimento denomina-se atividade de água. A remoção da água (desidratação) assim como a adição de sais, açúcar e outras substâncias provoca redução de atividade de água (a_w) de um alimento por reduzir a pressão parcial de vapor d'água contida, sendo esta redução variável em função da natureza da substância adicionada, quantidade e temperatura. Na maioria dos alimentos frescos, a atividade de água (a_w) é superior a 0,95 (FRANCO e LANDGRAF, 2008).

O conhecimento experimental da atividade de água constitui fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio, armazenagem e embalagem de um alimento (ARAÚJO et al., 2001), pois o aumento da atividade de água acima de limites críticos pode ter, como consequência, um rápido crescimento do micro-organismo o que, por sua vez, obriga ao uso de preservativos químicos para evitar deterioração do alimento.

A Tabela 2.3 mostra a atividade de água nas quais determinados microrganismos conseguem se multiplicar.

Tabela 2.3 - Atividade de água (a_w) mínima para o desenvolvimento de determinados microrganismos.

MICROORGANISMOS	ATIVIDADE DE ÁGUA MÍNIMA
Bactérias	0,91
Staphylococcus aureus	0,85
Leveduras	0,88
Bolores	0,80
Bactérias halófilas	0,75
Bolores xerófilos	0,61
Leveduras osmotolerantes	0,60

Fonte: ALVES (2003)

2.6.7 - Cor

O mundo é percebido pelo ser humano mediante seus sentidos, dos quais a visão é o mais marcante. Tanto nos processos industriais quanto nos comerciais ou até mesmo de ordem emocional, são utilizados os olhos na escolha de produtos competitivos, motivo pelo qual métodos objetivos e sofisticados de mediação da cor, têm sido desenvolvidos (FERREIRA, 1991).

Segundo AMARAL (2014), um dos principais fatores de atração dos alimentos é a cor, capaz de influir até na percepção do aroma, sendo um fator importante na aceitação do produto pelo consumidor. A cor nos alimentos é resultado da presença de pigmentos, tais como carotenos, antocianinas, clorofila, entre outros. Os pigmentos são instáveis e susceptíveis às reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o processamento ou armazenamento do produto, podendo ser indicadores das transformações ocorridas no alimento. Além da descoloração, outros mecanismos podem ser responsáveis pela alteração da cor do alimento, tais como as reações de escurecimento enzimático e não enzimático do tipo Maillard.

A aparência de um alimento concorre sobremaneira para sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto dos naturais como dos processados. A cor em alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural (BOBBIO e BOBBIO, 2002).

Segundo CHITARRA e CHITARRA (2005) a coloração se relaciona mais diretamente com a percepção da aparência pelo consumidor, ao passo que a concentração de pigmentos pode estar mais diretamente relacionada com a maturidade do produto. É de interesse que o produto apresente intensidade e uniformidade de coloração, a qual pode ser avaliada na casca e na polpa de frutas e hortaliças por diferentes metodologias.

A luz tem efeito deteriorativo sobre os alimentos por iniciar e acelerar reações, através de sua ação fotoquímica, reduzindo a vida útil. Essas reações podem causar de forma rápida mudanças sensoriais na cor característica dos alimentos formando produtos indesejáveis e perdas econômicas aos produtores, comerciantes e aos consumidores (ATENCIA e FARIA, 2002).

FANTE (2011) ao estudar alho em pó desidratado pelos processos de secagem em leito fixo e por liofilização observou que o parâmetro intensidade de luminosidade (L^*) foi significativamente maior, enquanto que os parâmetros intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) foram significativamente menores desidratados por liofilização quando comparados a desidratação em secador de leito fixo, o escurecimento acontecido no

produto liofilizado foi decorrente a baixa temperatura e o seco justamente o contrário a alta temperatura o qual promove a degradação da clorofila que acarreta por sua vez em um escurecimento.

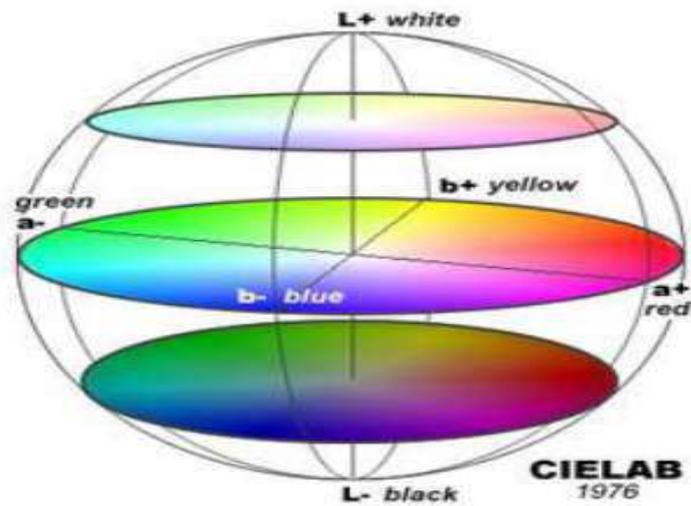
É difícil a observação da degradação da cor a olho nu, razão pela qual se utiliza os métodos de determinação de cor com auxílio de instrumentos fotoelétricos. Os espectrofotômetros ou colorímetros usam faixas espectrais dirigidas à amostra e enquanto a luz refletida da amostra é medida por meio de células fotoelétricas, que transformam energia brilhante em energia elétrica. A curva espectrofotométrica caracteriza a cor do produto para a qual são exigidos cálculos com vista à determinação dos parâmetros de cor (RANGANNA, 1977).

De acordo com FEILLET et al. (2000), a cor é composta por dois atributos visuais (matriz e saturação) e um fator luminoso (claridade ou luminosidade). Matriz é um termo utilizado para classificar as cores como: vermelho, amarelo, azul, etc. Desta maneira, quando misturamos dois ângulos de matriz diferentes produzimos uma terceira cor, diferente das que a originou.

Em 1931 um sistema padrão de medida de cor foi proposto pela CIE (International Commission on Illumination). O sistema CIE especifica a cor em três parâmetros: X, Y e Z, cujos valores representam a quantidade de três cores primárias: o vermelho, o verde e o violeta, requeridos por um padrão (POMERANZ e MELOAN, 1994). Outro sistema é o Hunter, que também possui três parâmetros, sendo: L, a e b. L representa a luminosidade ou escurecimento, + a é a cor vermelha, - a é a cor verde, + b é a cor amarela e -b é a cor azul (FRANCIS, 1983).

As fontes luminosas não são apenas caracterizadas pela matriz (hue) que é a presença de um comprimento de onda dominante mas também pela intensidade, brilho ou claridade (brightness), que é a amplitude do comprimento de onda, ou seja, é a relação entre a luz refletida e a luz absorvida, sem levar em consideração um comprimento de onda específico e a saturação (croma), que é a concentração em torno do comprimento de onda dominante (MINOLTA, 1994).

Nos alimentos, a medida da cor é representada através das normas internacionais, desde a reunião da Commission Internationale d'Eclairage (CIE) realizada em Paris no ano de 1931, a qual estabeleceu uma nomenclatura conhecida como o sistema CIE. Entre as modificações deste sistema uma das mais conhecidas e usadas é o sistema Hunter (L, a, b) e CIELAB (L*, a*, b*) relatado por CALVO (1989), conforme visto na Figura 2.7.



Figuras 2.7 – Coordenadas do sistema CIE lab de cor

Onde:

L: mede a luminosidade e varia de 100 para superfícies perfeitamente brancas, até zero para o preto;

a: mede a quantidade de vermelho, quando positivo, cinza, quando zero e verde, quando negativo;

b: mede a quantidade de amarelo, quando positivo, cinza, quando zero e azul, quando negativo.

VALENTE (2007) observou que as características da cor do abacaxi *in natura* sofreram variações significativas na secagem, apresentando uma intensificação da coloração, devido ao aumento do a^* , b^* e L^* , decorrentes das reações de escurecimento e da concentração de pigmentos pela perda de água durante o processo. As amostras que foram desidratadas osmoticamente apresentaram menor alteração de cor durante a secagem convectiva do que as amostras que não o foram.

2.6.8 – Textura

Para VU et al. (2004) a textura é o conjunto de características físicas que surge a partir dos elementos estruturais do alimento, sentidos pelo toque, relacionado com a deformação, desintegração e fluxo do alimento sob a ação de uma força e medido objetivamente por funções de massa, tempo e distância. MASTRANGELO et al. (2000) define textura como

sendo as características físicas do alimento que estão sendo percebidos através da mastigação ou das características químicas que são percebidos através do gosto.

Segundo OLIVEIRA (2014) dependendo da textura os alimentos podem ser classificados da seguinte maneira:

- Líquidos: aqueles em que a textura é definida pela viscosidade;
- Géis: textura é uma função da elasticidade;
- Fibrosos: possuem fibras macroscópicas;
- Frágeis: alimentos com pouca resistência à mastigação.

A aparência, paladar, textura e nutrição são os quatro principais fatores de qualidade desejados em um alimento, assim, como o paladar é o principal item na escolha, a textura é o principal fator para a rejeição de alguns produtos (BOURNE, 2004).

Dentre os métodos de avaliação da textura instrumental merece destaque a Análise Instrumental do Perfil de Textura (TPA), que é aplicado com eficiência para análises de alimentos (PONS e FISZMAN, 1996). O teste simula a ação de compressão e corte dos dentes durante a mastigação, consistindo em aplicações sucessivas de forças (deformantes) ao corpo de prova, e a partir disso é possível gerar uma curva força x tempo, onde são extraídos os parâmetros texturais. Esses parâmetros correlacionam-se bem com a avaliação sensorial (BOURNE, 2002).

A resistência detectada pelo aparelho é registrada na forma de uma curva típica de força-deformação do alimento e resulta em um gráfico de força/tempo (Figura 2.8) característico para cada tipo de produto, permitindo avaliar parâmetros como a adesividade (A3), a coesividade (A2/A1), elasticidade (T2/T1) e a firmeza (H) (Figura 2.9).

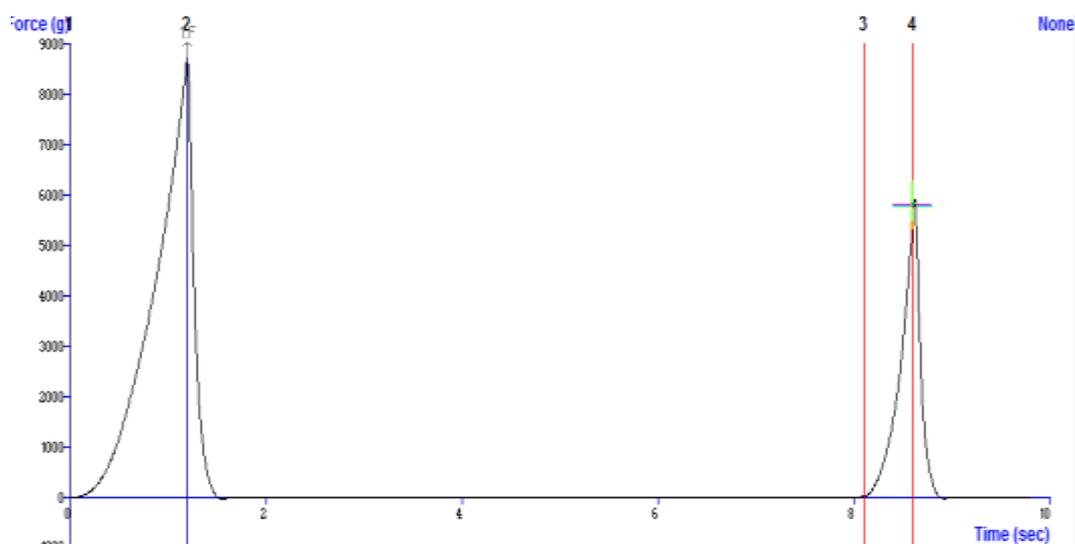


Figura 2.8 - Demonstração da curva que relaciona a força e o tempo necessários para a TPA da fatia de berinjela

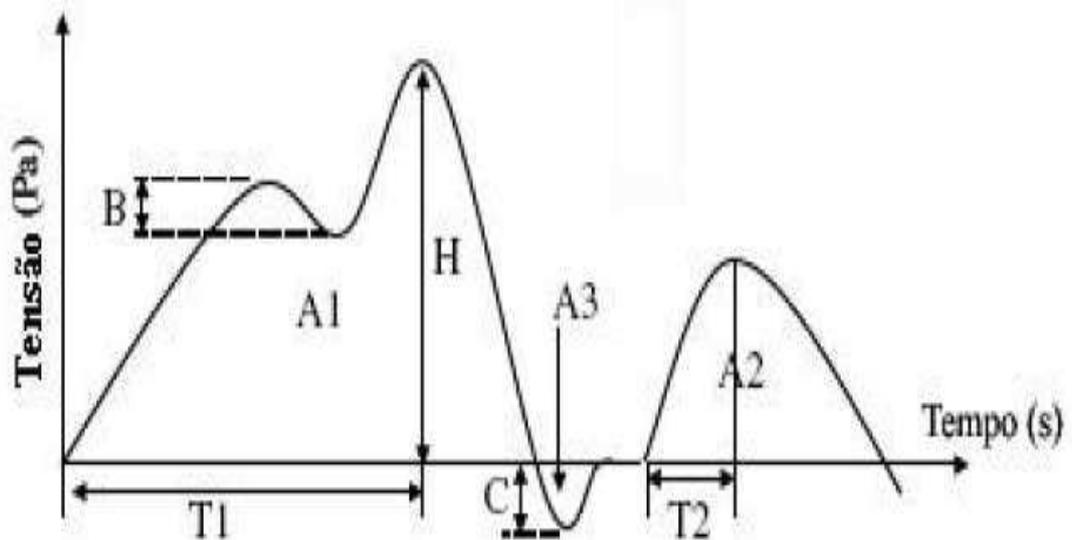


Figura 2.9 - Curva típica de uma análise instrumental do perfil de textura (TPA)

Fonte: KEALY (2006)

GUNASEKARAN e AK (2003) conceituam firmeza como a força necessária para realizar uma dada deformação, a coesividade é a força das ligações internas, a elasticidade é a razão com que um material deformado volta ao seu estado inicial após remoção da força que o deformou e o parâmetro mastigabilidade é a força necessária para desintegrar um alimento sólido até ficar pronto para ser engolido, que está relacionada com os parâmetros primários de coesividade, elasticidade e dureza.

SILVA (2013), ao avaliar o comportamento mecânico/reológico do queijo de coalho, avaliando em função do tempo de armazenamento refrigerado, em diferentes períodos de tempo, onde os parâmetros de resposta do TPA avaliados foram dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, encontrou de uma maneira geral uma tendência à diminuição da elasticidade, viscosidade, e módulo da elasticidade dos queijos de coalho durante o período de armazenamento refrigerado, resultando em queijos mais macios.

2.6.9 – Minerais

Os minerais formam a cinza dos materiais biológicos após oxidação completa da matéria orgânica. Os elementos minerais reconhecidos como essenciais são comumente divididos em macrominerais ou minerais principais, que são os nutrientes que o organismo

humano necessita em maior quantidade (cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro, magnésio, enxofre) e os minerais traços (microminerais), que são necessários em doses diárias bem pequenas (ferro, cobre, cobalto, manganês, zinco, iodo, flúor, molibdênio, selênio, cromo, silício).

KONRDÖRFER et al. (2014) compararam os teores de sais minerais totais (cinzas), nutrientes minerais, nitratos e nitritos em amostras das porções comestíveis das seguintes hortaliças: espinafre, beterraba, repolho e cenoura “*in natura*” de produtor orgânico e convencional, observando que todas as hortaliças orgânicas foram verificadas maiores teores de Na e Mg, assim como menor teor de nitratos em relação às convencionais, nas amostras de cenoura e repolho de ambos os sistemas de cultivo, não foram detectados teores de nitritos, e para o espinafre o teor de nitritos foi significativamente menor nas amostras orgânicas, nas condições analisadas, exceto com relação ao teor de nitratos, a composição mineral das amostras orgânicas de beterraba, cenoura, espinafre e repolho não apresentaram diferença significativa em relação às convencionais, concluíram que as diferenças dos comportamentos de teores de alguns minerais em vegetais convencionais e orgânicos, possivelmente, resultam de distinções nas condições de cultivo (condições do solo, água, temperatura, umidade) e manejo das hortaliças.

De acordo com CHITARRA e CHITARRA (2005) o estudo dos minerais nos alimentos e de seu papel importante na nutrição, considerando-se que esses compostos encontram-se em equilíbrio dinâmico permanente nos tecidos animais e vegetais. Esses compostos podem encontrar-se ionizados em soluções nos líquidos intra e extracelulares ou ainda no estado sólido não ionizado, integrando macromoléculas como enzimas e vitaminas, de acordo com a sua ocorrência nos tecidos, são macroelementos (cálcio, fósforo, potássio, magnésio, sódio, cloro e enxofre) e microelementos (ferro, zinco, cobre, iodo, flúor, cromo, selênio, cobalto, manganês, molibdênio, vanádio, estanho, silício e níquel).

AMARAL (2014), ao fazer avaliação de macro e micronutrientes em polpa integral de biriba concluiu que dentre os sete minerais (K, Ca, P, S, Fe, Zn e Cu), os minerais encontrados que estão em maiores percentuais são o K (0,188%), seguido por Ca (0,025%) e P (0,001%).

2.6.9.1 - Cálcio

O cálcio é o mineral mais abundante no organismo humano e a sua grande maioria (99%) está localizada nos ossos e dentes, sendo responsável por 1% a 2% do peso corporal. O

restante se encontra distribuído em todas as células e participa ativamente em vários processos como, por exemplo, na contração muscular, na coagulação sanguínea e no equilíbrio com o fósforo, dentre outros (ESTEVEES et al., 2010).

A absorção de cálcio declina com o passar da idade. Este declínio pode ser causado por deficiência dietética e diminuição endógena na produção de vitamina D. A referida diminuição da produção é devida, em parte, à menor exposição solar nos grupos etários mais avançados. Além disso ocorre, com o processo do envelhecimento, perda da função renal e diminuição da produção de vitamina D (BUZINARO et al., 2006).

FEIBER e CAETANO (2012) desenvolveram três polpas a base de couve: só polpa de couve, polpa de couve mais abacaxi e hortelã, e polpa de couve e maçã, as quais foram submetidas à análise de composição centesimal e análise do teor de cálcio polpas de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) identificaram que as polpas em geral apresentaram elevado teor de umidade, baixo valor calórico, baixo valor lipídico, baixo teor proteico, e significativa concentração de cinzas, sugerindo seu elevado teor de minerais e bom teor de cálcio, cuja concentração de cálcio variou entre 20,1 a 50,9 mg por 100 g de polpa, consideraram que as polpas de couve podem ser utilizadas como uma fonte complementar e alternativa de cálcio dietético para recuperação e manutenção do estado nutricional de cálcio.

2.6.9.2 - Magnésio

O magnésio é um mineral que está envolvido em vários processos fisiológicos. É essencial como cofator de um grande número de enzimas catalizadoras de reações, especialmente das reações que requerem ATP como energia. Essas enzimas, que necessitam de ATP, incluem aquelas que adicionam fosfato em outras enzimas (enzimas de fosforilação) e a formação da célula sinalizadora da molécula Adenosina Monofosfato Cíclica, ambas as funções regulam processos dentro das células. Outra função do magnésio é possuir íons livres intracelulares que atuam como modulador fisiológico. O magnésio também atua sobre o potássio bloqueando os canais possíveis de levar células. Além disto, influencia a distribuição do potássio para a enzima Na, K-ATPase. Esta enzima, por sua vez, joga o sódio para fora da célula e o magnésio para dentro. O magnésio estabiliza algumas estruturas de grupos fosfatos e atua indiretamente como antioxidante (DISILVESTRO, 2005).

AMARAL et al. (2012), ao estudarem o potencial alimentício e a contribuição com o conhecimento sobre a composição mineral de hortaliças folhosas foram analisados os teores de Ca, Mg, Fe, e K nas amostras de: alface roxa (*Lactuca sativa* L.), alface americana

(*Lactuca sativa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.) e couve manteiga (*Brassica oleracea* L. variedade acephala), Constataram que dentre as hortaliças folhosas, as quantidades dos minerais determinados nas amostras analisadas mostraram possuir um comportamento uniforme de extração com relação aos seus teores originais, de um modo geral, a seguinte ordem: $K > Ca > Mg > Fe$, em função dos teores de minerais encontrados nas hortaliças selecionadas, apontam esses vegetais como possíveis fontes dos elementos minerais analisados.

2.6.9.3 – Potássio

O potássio é o íon intracelular mais abundante com aproximadamente 98% do potássio corporal total localizado ao nível intracelular, tendo grande importância fisiológica uma vez que o íon potássio é o eletrólito mais abundante carregado positivamente dentro das células. O potássio intracelular é o maior determinante da osmolaridade intracelular. O gradiente entre o potássio intra e o extracelular é necessário para polarização da membrana celular que influencia alguns processos, tais como impulsos nervosos e contração muscular (inclusive a do músculo cardíaco). Dentro das células o potássio é essencial para o crescimento normal da célula e para a síntese de proteínas, participando também de algumas funções renais devido à alta solubilidade do potássio em água. Ele é muito bem absorvido, geralmente cerca de 90% (DISILVESTRO, 2005).

Para manter um equilíbrio normal de potássio no corpo, os rins são responsáveis por excretar mais de 90% da ingestão diária total desse íon. Diversos fatores influenciam a perda de potássio através dos rins. A aldosterona faz com que o rim excrete o potássio em contraste com os efeitos da aldosterona sobre o sódio. O equilíbrio ácido-básico, a quantidade de potássio na dieta e a velocidade de fluxo filtrado no túbulo distal, também influenciam a quantidade de potássio secretada na urina. A retenção de potássio é o efeito mais ameaçador da insuficiência renal (SMELTZER et al., 2006).

Segundo KAWASHIMA (1997), em estudos também com hortaliças verificou que o nível de potássio é o mais alto entre os minerais avaliados e que é esperado em frutas e hortaliças. O potássio é mineral importante, constituindo cerca de 5% do conteúdo total dos minerais no organismo, sendo necessário ao metabolismo de carboidratos. Assim como o cloro e sódio, o potássio está envolvido no balanço e distribuição de água, no equilíbrio osmótico, no equilíbrio ácido-base e na regulação da atividade neuromuscular (FRANCO, 2000).

ABREU et al. (2013) avaliaram as características físicas e químicas de tomates secos em conserva, provenientes do comércio varejista. Determinaram os teores dos minerais: cálcio, cobre, enxofre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco dos tomates secos e concluíram que os tomates secos podem ser considerados boas fontes de energia e alguns nutrientes como lipídios, carboidratos, fibras, potássio, magnésio, cobre e ferro.

2.6.9.4 - Fósforo

O fósforo tem a função de tamponar sistemas ácidos ou alcalinos auxiliando na manutenção do pH, no armazenamento temporário de energia provinda do metabolismo de macronutrientes, e na forma de ATP, além de ser responsável pela ativação, por meio da fosforilação de diversas cascatas enzimáticas (COZZOLINO, 2007). Numa dieta mista cerca de 60 e 70% do fósforo são absorvidos. A absorção ocorre ao longo de todo o intestino sendo maior no jejuno, menor no duodeno e mínima no íleo (KAYNE et al., 1993; LOGHMAN-ADHAM, 1993).

A absorção de fósforo é proporcional à sua ingestão, quando esta se encontra dentro de valores normais. Entretanto, quando o aporte dietético de fósforo é reduzido ocorre um aumento na eficiência absorptiva e quando este se encontra elevado a absorção diminui. Esta resposta adaptativa ao fósforo dietético é específica do co-transporte sódio/fósforo (LOGHMANA-DHAM, 1993).

Aproximadamente 90% do fósforo absorvido são excretados por via renal, sendo essa mediada pelo paratormônio (PTH) e quando seus níveis plasmáticos se encontram abaixo de 2,5mg/dL, em decorrência de uma anormalidade qualquer, instala-se um quadro de hipofosfatemia (LOTSCHER et al., 1996).

SANQUETTA (2012), ao estudar as características físico-químicas do champignon *in natura* (base seca), concluiu que no que diz respeito aos parâmetros de cinza e minerais, o teor de cinza foi 13,92% e o parâmetro mineral, o fósforo obtido foi 68,80 mg/100g, onde a avaliação da composição centesimal do Champignon confirmou que este alimento apresenta um elevado teor de sais minerais.

2.6.9.5 - Ferro

A deficiência de ferro é o principal fator de risco para o desenvolvimento de anemias nutricionais. A carência de ferro ocorre no organismo, de forma gradual e progressiva, até que a anemia se manifeste (PAIVA et al. 2007). As gestantes representam um dos grupos populacionais mais vulneráveis às anemias nutricionais em função da baixa ingestão durante esse período e aumento da demanda deste mineral. Como consequência, uma incidência maior de abortos, partos prematuros, baixo peso ao nascer e morte perinatal, entre outras (MASSUCHETI et al., 2009).

Mais de 65% do ferro corporal se encontram na hemoglobina, cuja principal função é o transporte de oxigênio e gás carbônico. O ferro, portanto, é indispensável na formação da hemoglobina (ANGELIS e CTENAS, 1993). Além disto, participa na composição da molécula de mioglobina do tecido muscular e atua como cofator de reações enzimáticas no ciclo de Krebs (responsável pelo metabolismo aeróbico dos tecidos) e na síntese das purinas, carnitina, colágeno e neurotransmissores cerebrais. O ferro faz parte da composição das flavoproteínas e das hemoproteínas catalase e peroxidase (presentes nos eritrócitos e hepatócitos). Essas enzimas podem ser apontadas como responsáveis pela redução do peróxido de H⁺ produzido no organismo (BOTTONI et al., 1997).

SILVA et al. (2010) avaliaram o teor e a biodisponibilidade de ferro, manganês e zinco em extratos da casca do fruto e das folhas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea Martius*) também utilizando a Espectrometria de Absorção Atômica em Chama. A casca do fruto e as folhas apresentaram níveis altos de ferro e manganês. O ferro apresentou melhor biodisponibilidade na casca do fruto e nas folhas. Manganês e zinco se mostraram mais biodisponíveis nas folhas.

2.7 - Microscopia eletrônica de varredura

Microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um instrumento muito versátil e usado rotineiramente para a análise micro estrutural de materiais sólidos. Apesar da complexidade dos mecanismos para obtenção da imagem, o resultado é uma imagem de fácil interpretação (GONCALVEZ, 2004).

A utilização de microscopia eletrônica de varredura (MEV) demonstra a possibilidade de visualização de imagens com alta ampliação (até 300.000 X) e resolução, permitindo a observação e registro de imagens tridimensionais (PICON et al., 2006).

O MEV é um recurso especialmente útil na caracterização de amostras biológicas não resistentes a grandes diferenças de pressão e qualquer outro tipo de amostra onde a metalização pode gerar artefatos. Um dos objetivos do MEV é a análise de superfícies irregulares, possibilitando uma análise qualitativa uma vez que a análise quantitativa acurada de sua superfície é quase impossível pela dificuldade de padronizar amostras biológicas. Através de diversas técnicas de microscopia eletrônica de varredura, informações detalhadas sobre a morfologia, condutividade e até mesmo os modos de fratura, podem ser obtidas em escalas nanométricas (DIKIN et al., 2006).

Para ZENNOZIAN et al. (2008), as técnicas de microscopia eletrônica de varredura ou transmissão têm se mostrado eficientes no conhecimento da microestrutura de frutas e hortaliças nos últimos anos, apresentando uma boa correlação com as características de textura dos tecidos vegetais.

A microscopia eletrônica de varredura tem sido utilizada para diversos fins, como para fiscalizar a qualidade do café torrado e moído, fraudado por cereais (AMBONI et al., 1999), para observar a camada de cera de maçãs refrigeradas (CASTRO NETO et al., 2002) e para avaliar danos mecânicos em melões, causados pelo congelamento (RESENDE e CAL-VIDAL, 2002).

MAYOR et al. (2007) verificaram que a alteração das propriedades micro-estruturais do material não dependia da concentração da solução osmótica, mas sim, da temperatura do processo, onde a avaliação estrutural das fatias de abóbora por meio das imagens de microscopia eletrônica de varredura, foi importante para o estudo dos danos causados pelo processo osmótico nas células onde correlacionam a perda de turgor e a tensão de ruptura do material.

FITO et al. (2001) utilizaram a microscopia eletrônica de varredura para observar tecidos de berinjela desidratada osmoticamente a vácuo com soluções isotônicas de sacarose e sais de gluconato. Um alargamento no espaço intercelular foi relatado devido aos altos valores de porosidade do vegetal.

2.8 - Planejamento experimental

A técnica de planejamento experimental fatorial é bastante útil para a otimização de processos químicos, bioquímicos, físicos, agroindustriais, entre outros; sendo assim, a otimização de processos e controle estatístico estão interligados através do ciclo PDCA onde

se tem: Planejamento-P, Execução-D, Verificação-C e Atuação Corretiva-A (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

Segundo WERKEMA e AGUIAR (1996), para alcançar a melhoria na qualidade dos processos industriais e sua manutenção, a utilização da metodologia de Planejamento Experimental Fatorial é de grande importância, ou seja, a metodologia de planejamento experimental fatorial pode ser utilizada na otimização de processos, sendo muito importante na fase de análise do Ciclo PDCA de melhorias.

BARROS NETO et al. (2007) definem um experimento como um procedimento no qual alterações propositais são feitas nas variáveis de entrada de um processo ou sistemas, de modo que se possa avaliar as possíveis alterações sofridas pela variável resposta, como também as razões destas alterações.

A importância das variáveis em um processo pode ser determinada através da adoção de um método de planejamento experimental, o qual possibilita o planejamento e execução do experimento de forma organizada, com um número de ensaios reduzidos ao mínimo necessário. Este método permite, ainda, a verificação dos efeitos individuais e de interação de todas as variáveis sobre a resposta, a definição das variáveis mais importantes para o processo, a avaliação dos erros experimentais e de regressão, e a modelagem empírica dos resultados em função das variáveis escolhidas, através de programas estatísticos de regressão (RODRIGUES e LEMMA, 2009).

Os métodos de planejamento experimental mais conhecido, para otimização de processos são o simplex sequencial, o planejamento fatorial e a análise de superfície de resposta. A metodologia de superfícies de resposta é uma técnica de otimização baseada no emprego de planejamentos fatoriais, introduzidas por G. E. P. BOX no ano de 1951, e que desde então tem sido usada com grande sucesso na modelagem de processos industriais. Esta metodologia é constituída de duas etapas distintas: a modelagem e o deslocamento. Ambas são repetidas tantas vezes quantas forem necessárias, até que se atinja uma região ótima (máxima ou mínima) da superfície investigada. A modelagem geralmente é feita ajustando-se modelos lineares ou quadráticos a resultados experimentais obtidos a partir de planejamentos fatoriais. O deslocamento se dá sempre ao longo do caminho de máxima inclinação de um determinado modelo, que é a trajetória na qual a resposta varia de forma mais pronunciada (RODRIGUES e LEMMA, 2009).

Sendo o planejamento experimental um método baseado e executado com técnicas estatísticas, é de fundamental importância a avaliação dos modelos empíricos, obtidos através da regressão dos dados experimentais, mediante uma análise estatística utilizando dois

parâmetros muito importantes: o coeficiente de determinação (R^2) e o valor estimado para o teste F .

O coeficiente de determinação é um parâmetro estatístico que compara a variância dos pontos experimentais em relação ao modelo proposto, com a variância da própria população de pontos experimentais. Quando o valor do coeficiente é 1, a correlação entre os valores previstos pelo modelo e os valores experimentais é perfeita. Quando este valor for nulo, não existe correlação. A análise dos valores intermediários não pode ser expressa de forma tão simples, mas em termos qualitativos, quanto mais próximo da unidade estiver o valor do coeficiente de correlação, melhor será o ajuste do modelo com os pontos experimentais (RODRIGUES e LEMMA, 2009).

Através da execução do teste F , comparando o valor estimado para F a partir dos dados experimentais com o valor tabelado para uma distribuição de referência, é possível verificar a correlação estatística dos fatores experimentais no valor das respostas. A base do teste F consiste em verificar se existe relação entre as variáveis e a resposta. Quando não existe correlação entre a resposta e a variável, pode-se mostrar que a razão entre as médias quadráticas da regressão e dos resíduos (MQ_R/MQ_r) segue uma distribuição F (hipótese nula). A hipótese nula pode ser testada usando o valor efetivamente calculado para MQ_R/MQ_r e para isto basta compará-lo com o valor de F testado. Se as variações nas respostas experimentais apresentarem alta probabilidade de pertencerem a essa distribuição, não há motivos para se questionar a hipótese nula. Então, pode-se dizer que a equação de regressão não é simplificada. Se a razão MQ_R/MQ_r for maior que o valor de F tabelado, pode-se afirmar que a equação é estatisticamente significativa e os dados experimentais são representados pelo modelo proposto. A análise dos resíduos é de importância fundamental ao se avaliar a qualidade do ajuste de um modelo. Uma vez que se este deixa resíduos consideráveis, pode se dizer que é um modelo ruim (BARROS NETO et al., 2007).

Pode acontecer que uma regressão, embora significativa do ponto de vista do teste F , não seja útil para realizar previsões, por cobrir uma faixa de variação pequena dos fatores estudados. RODRIGUES e LEMMA (2009) sugeriram que para que isso não ocorra, isto é, para que uma regressão seja não apenas estatisticamente significativa mas também útil para fins preditivos, o valor da razão MQ_R/MQ_r deve ser no mínimo quatro a cinco vezes o valor de F tabelado.

2.9 – Conserva

A Resolução RDC nº 352, de 23 de setembro de 2002, que dispõe sobre regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de frutas e hortaliças em conserva conceitua hortaliça em conserva como o produto preparado com tubérculos, raízes, rizomas, bulbos, talos, brotos, folhas, inflorescências, pecíolos, frutos, sementes e cogumelos cultivados, cujas partes comestíveis são envasadas praticamente cruas, reidratadas ou pré-cozidas, imersas ou não em líquido de cobertura apropriado, submetidas a processamento tecnológico antes ou depois de fechadas hermeticamente nos recipientes utilizados a fim de evitar sua alteração (BRASIL, 2002).

As conservas são produtos que se mantêm durante longo tempo contido em recipientes de metal, vidro ou material flexível, hermeticamente fechado. A capacidade de conservação aumenta mediante tratamento térmico, cuja ação consiste em reduzir, destruir e frear o desenvolvimento dos microrganismos presentes na matéria-prima conservada. Com ajuda da energia calórica se eliminam tanto os germes patogênicos e toxigênicos, como os responsáveis pela deterioração. Este processo assegura a proteção do consumidor frente a transtornos de saúde, e às tem um caráter econômico, para evitar perdas dos produtos. O método utilizado deve assegurar assim mesmo a inativação das enzimas e manter a qualidade da matéria conservada (SGANZERLA, 2010).

Uma técnica de conservação é através da desidratação de produtos vegetais, utilizando o secador de frutas, sendo uma alternativa para a elaboração comercial de produtos artesanais (NOGUEIRA et al., 2003).

NASCIMENTO et al. (2011) realizaram estudo na elaboração de uma conserva acidificada artificialmente, a partir de maxixe (*Cucumis anguria* L) e testaram sua estabilidade química e microbiológica, bem como sua aceitabilidade. Foram preparados 3 litros de salmoura com uma concentração salina de 4%. A esta salmoura foram adicionados: vinagre em uma proporção de 2:1 de água mineral para vinagre, 15 g de orégano e 150 mL de azeite de oliva, com o intuito de condimentar e aumentar a palatabilidade do produto. Assim o maxixe em conserva artificialmente acidificada é um produto que possui garantia de qualidade, quando seguidas as devidas recomendações para processamento, pois seu baixo pH permite a conservação do produto por período prolongado e em temperatura ambiente, não necessitando de armazenamento sob refrigeração. O produto apresentou boa aceitação, verificada em teste sensorial, o que o torna um produto recomendado para produção em grande escala.

2.10 - Análise sensorial

A análise sensorial é uma ferramenta moderna utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, reformulação dos produtos já estabelecidos no mercado, estudo de vida de prateleira, determinação das diferenças e similaridades apresentadas entre produtos concorrentes, identificação das preferências dos consumidores por determinado produto e, finalmente, para otimização e melhoria da qualidade (SCHNEIDER, 2006).

Entre os métodos sensoriais analíticos utilizados em alimentos, a análise descritiva quantitativa se destaca, haja vista que proporciona completa descrição de todas as propriedades sensoriais de um produto representando um dos métodos mais completos e sofisticados para caracterização sensorial de atributos importantes (STONE et al., 1998).

A NBR 14140 define a ADQ como o “teste que identifica e quantifica, em ordem de ocorrência, as propriedades sensoriais (aparência, aroma, textura e sabor) de um produto” (ABNT, 2008).

SIQUEIRA (2014), ao trabalhar com a otimização na desidratação osmótica do gengibre onde utilizou a metodologia de superfície de resposta e avaliou a aceitação sensorial dos produtos otimizados, onde o ganho de sólidos proporcionado pela desidratação osmótica, destacado por alguns estudos como sendo um efeito indesejável, ganho de sólidos, durante a desidratação, esse estudo influenciou positivamente nas características sensoriais do produto final, principalmente por diminuir a sensação de pungência característica do produto, aumentando assim sua aceitação.

Outros testes de expressiva relevância e muito úteis no campo da análise sensorial são os testes afetivos que, geralmente, vêm em sequência aos testes descritivos. Os testes afetivos compreendem os testes que medem o grau de gostar ou desgostar de determinado produto ou, ainda, a preferência que o consumidor assume sobre um produto com relação a outro. Estes testes podem fornecer informações complementares às respostas obtidas pela análise descritiva quantitativa (STONE et al., 1998).

3.0 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande-PB.

3.1 - Matéria-prima

Foram utilizadas berinjelas (*Solanum melongena* L.) adquiridas no mercado local de Campina Grande – PB. As berinjelas foram selecionadas de forma a padronizar o estágio de maturação, escolhendo-as com aspecto íntegro, sem perfurações na casca ou outros danos físicos, como mostrado na Figura 3.1.



Figura 3.1- Berinjelas (*Solanum melongena* L.) “*in natura*” com casca

3.2 - Preparação das soluções osmóticas

As soluções osmóticas foram preparadas utilizando-se água destilada, sacarose comercial e cloreto de sódio, adquiridos no mercado local, em proporções pré-definidas, descritas como segue.

• **Composição da solução osmótica:**

- Solução de sacarose 40% + 3% NaCl
- Solução de sacarose 40% + 6% NaCl
- Solução de sacarose 40% + 9% NaCl

3.3 - Processamento da berinjela desidratada em fatias

As etapas referentes ao processo de obtenção e caracterização das fatias de berinjela desidratadas estão expostas no fluxograma da Figura 3.2.

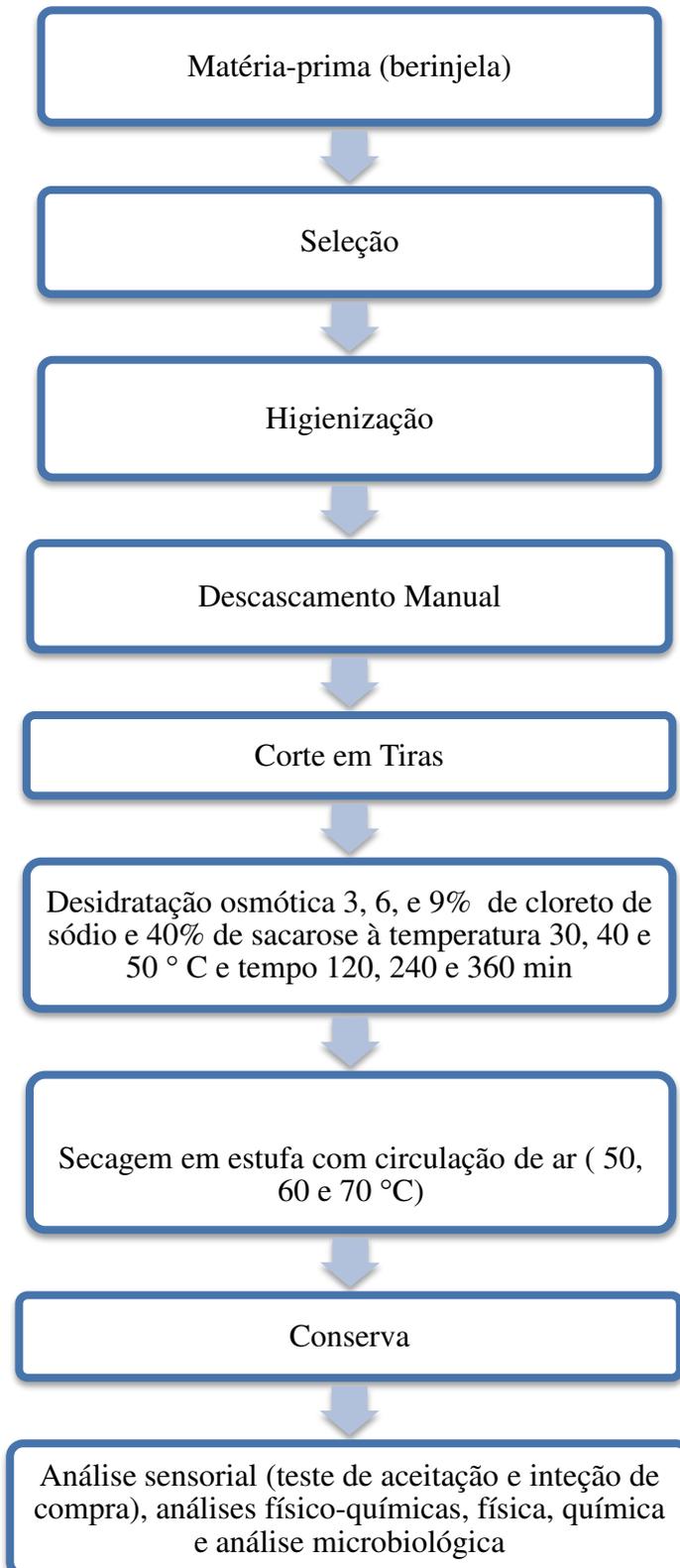


Figura 3.2 - Fluxograma básico do processamento de berinjela (*Solanum melongena* L.) desidratada em fatias

3.4 - Seleção, higienização e processamento das berinjelas

As berinjelas foram lavadas em água corrente em seguida, sanitizadas em uma solução de 50 ppm de cloro livre, durante cinco minutos, e enxaguados em água destilada, logo após as berinjelas foram colocadas para secar em bancadas sobre papel toalha conforme Figura 3.3.



Figura 3.3 – Berinjela (*Solanum melongena* L.) sendo sanitizadas em solução de 50 ppm de cloro livre

Foi realizado corte nas berinjelas ao meio, no sentido longitudinal (A), além da eliminação das sementes com auxílio de instrumentos em aço inoxidável e cortadas manualmente em fatias (B), de aproximadamente 4 x 2 x 2 (comprimento, largura e altura) como mostra a Figura 3.4.

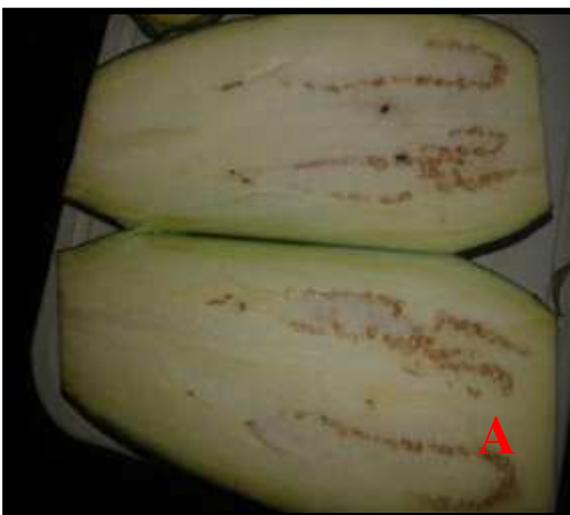


Figura 3.4 - Berinjela descascada e cortadas ao meio (A) e em fatias (B)

3.5 - Caracterização físico-químicas, físicas e químicas

Foram retiradas amostras a cada etapa do processamento, ou seja, berinjelas “*in natura*”, após a desidratação osmótica (DO) e após secagem final, para realização das seguintes análises:

3.5.1 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada através de leitura direta em um refratômetro do tipo Abbe, colocando-se uma gota da solução no prisma e fazendo-se a leitura direta em °Brix. A leitura do °Brix foi corrigida em função da temperatura da amostra utilizando-se a tabela contida no manual do (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.5.2 - Cinzas

As cinzas ou minerais foram determinadas por incineração, seguindo a metodologia do IAL (2008). Determinou-se a perda de massa do material seco submetido a aquecimento em mufla à temperatura de 550 °C, até massa constante. Os resultados foram expressos em percentagem.

3.5.3 - Sólidos totais

Foram determinados os sólidos totais da berinjela “*in natura*”, durante o processo de desidratação osmótica e durante as secagens, de acordo com os métodos descritos pelas normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.5.4 - Acidez total titulável

A acidez total titulável foi realizada pelo método acidimétrico utilizando-se uma solução tampão padronizada de NaOH 0,1N. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.5.5 - pH

O pH foi medido pelo método potenciométrico utilizando-se o pHmetro da marca Tecnal modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 e os resultados foram expressos em unidades de pH.

3.5.6 – Cloreto de sódio

Para avaliar a quantidade de cloreto de sódio nas fatias de berinjela “*in natura*”, osmodesidratada e secas utilizou-se a metodologia descrita por SILVA JUNIOR (2009). Pesou-se 3 g da amostra e adicionou-se 250 ml de água destilada. Homogeneizou-se em um liquidificador por aproximadamente 5,0 minutos, em seguida filtrou-se em papel de filtro qualitativo e coletou-se o filtrado em um becker de 250 ml. Pipetou-se 20 ml do filtrado para um erlenmyer de 250 ml e adicionou-se 100 ml de água destilada com auxílio de uma proveta, e 5 gotas do indicador cromato de potássio a 0,5%. A titulação foi realizada com uma solução de nitrato de prata a 0,05 N até a viragem do indicador para cor vermelho tijolo e anotou-se o volume gasto. Utilizando-se a Equação 3.1 determinou-se a percentagem do cloreto de sódio.

$$\text{Cloreto de sódio (\%)} = \frac{V \times f \times 0,29}{M_a} \quad (3.1)$$

em que:

V: Volume de Nitrato de Prata 0,05 N gasto na titulação;

f: fator do Nitrato de Prata 0,05 N;

Ma: Massa da amostra, g.

3.5.7 - Teor de água

Determinou-se o teor de água da berinjela “*in natura*”, durante o processo de desidratação osmótica e durante as secagens pelo método gravimétrico, conforme descrito pelo IAL (2008), no qual aproximadamente 5 g da amostra foram levados à estufa a 105 °C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentagem.

3.5.8 - Atividade de água (a_w)

A determinação da atividade de água a 25 °C foi realizada com o auxílio do higrômetro Aqualab modelo CX-2T, fabricado pela Decagon.

3.5.9 - Cor

As medidas de cor das amostras foram realizadas instrumentalmente com espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, obtendo-se os valores de L^* , a^* e b^* . L representa a luminosidade, a^* define a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e b^* representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$). As medidas das amostras foram realizadas em triplicatas obtendo-se os valores médios de L^* , a^* e b^* , e utilizando-se o sistema com luminosidade D65, ângulo de observação de 10° e calibração do equipamento com placa branca padrão ($X = 80,5$; $Y = 85,3$; $Z = 90,0$).

3.5.10- Textura

As análises de textura foram realizadas com fatias de berinjelas $4 \times 2 \times 2$ (comprimento, largura e altura) “*in natura*”, desidratadas e secadas no secador de bandejas, empregando-se um texturômetro TAXT plus (Stable Micro Systems) equipado com probe cilíndrico de compressão, com 36 mm de diâmetro (Figura 3.5).

Condições que foram usadas no texturômetro para os testes:

- Velocidade do pré-teste : $2,0 \text{ mm.s}^{-1}$;
- Velocidade do teste : $5,0 \text{ mm.s}^{-1}$;
- Velocidade do pós-teste : $5,0 \text{ mm.s}^{-1}$;
- Distância: 20 mm;
- Gatilho: Auto – 20g (ponto inicial da análise, quando a ponteira (probe) encontra uma resistência igual ou superior a 20g);
- Tempo entre as duas compressões : 5s.

Os parâmetros de textura determinados foram: dureza, coesividade, elasticidade, gumosidade e mastigabilidade.



Figura 3.5- Equipamento utilizado para determinação dos atributos de textura TATX plus – STABLE MICRO SYSTEMS (A), análise de textura em fatias de berinjela “*in natura*” (B), análise de textura em fatias de berinjela osmodesidratada (C), análise de textura em fatias de berinjela osmodesidratada e seca (D)

3.5.11- Análises de minerais

Utilizando as cinzas das berinjelas “*in natura*”, desidratadas e após secagem, foi procedida a determinação dos minerais (Potássio, Cálcio, Fósforo, Magnésio e Ferro) presentes nas amostras de berinjela, por meio do equipamento de espectrofotômetro de energia dispersiva, modelo EDX-720, da marca Shimadzu (Figura 3.6).



Figura 3.6 - Espectrômetro de dispersão de raios X, modelo EDX-720

3.6 - Otimização da desidratação osmótica

3.6.1 - Planejamento experimental

O Planejamento experimental do tipo fatorial 2^3 completo, com 3 repetições no ponto central, baseado na Metodologia de Superfície de Resposta (SR) foram realizados (sem pré-tratamento) para avaliar a influência dos parâmetros estudados.

Tal planejamento foi realizado nesta etapa do trabalho com o objetivo de otimizar o processo de desidratação osmótica e avaliar a influência das variáveis de entrada (temperatura, concentração de NaCl e tempo) sobre as respostas (perda de água, perda de massa, ganho de sólidos e índice de eficiência de desidratação).

Variáveis do processo:

Composição da solução osmótica- Solução de sacarose 40% + 3% NaCl

- Solução de sacarose 40% + 6% NaCl
- Solução de sacarose 40% + 9% NaCl

Temperaturas da solução osmótica: 30, 40 e 50 °C

Tempos de imersão: 120, 240 e 360 minutos

Este planejamento consiste em oito pontos fatoriais e três pontos centrais (40 °C, 6% e 240 min), para analisar a variância, totalizando 11 experimentos sem pré-tratamento, sendo três variáveis de entrada: temperatura, concentração de NaCl e tempo com influência sobre as respostas, conforme Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Níveis das variáveis do planejamento fatorial $2^3 + 3$ para a desidratação osmótica da berinjela

Variáveis	Níveis		
	-1	0	+1
Temperatura (°C)	30	40	50
Concentração de NaCl (%)	3	6	9
Tempo (min)	120	240	360

A Tabela 3.2 contém os valores codificados e reais das variáveis independentes. Os fatores analisados são pesquisados por outros autores que estudam a desidratação osmótica, como: KOTOVCZ (2011) e MERCALI et al. (2010). Os dados foram analisados pelo software Statistica 8.0.

Tabela 3.2 – Planejamento fatorial 2^3 com triplicata do ponto Central aplicado às fatias de berinjelas (*Solanum melongena* L.)

Ensaio	Valores Codificados			Valores reais		
	Temper.	Conc.	Tempo	Temper. (°C)	Conc. (%)	Tempo(min)
1	- 1	- 1	- 1	30	3	120
2	+ 1	- 1	- 1	50	3	120
3	- 1	+ 1	- 1	30	9	120
4	+ 1	+ 1	- 1	50	9	120
5	- 1	- 1	+ 1	30	3	360
6	+ 1	- 1	+ 1	50	3	360
7	- 1	+ 1	+ 1	30	9	360
8	+ 1	+ 1	+ 1	50	9	360
9	0	0	0	40	6	240
10	0	0	0	40	6	240
11	0	0	0	40	6	240

A partir dos dados que foram obtidos da cinética de desidratação osmótica como as respostas de interesse, foram calculados os percentuais de perda de água (PA), perda de massa (PM), ganho de sólidos (GS) e Índice de Eficiência de Desidratação (IED) através das equações 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 respectivamente, citados no item 2.4.5, segundo SACCHETTI et al. (2001).

Através da utilização do programa Statística 8.0 foram avaliados os efeitos das variáveis independentes sobre as respostas estudadas, e determinados os erros padrão, os coeficientes t e a significância estatística (p). Por meio da análise dos efeitos da temperatura de imersão da berinjela na desidratação osmótica, da concentração de NaCl e do tempo sobre as respostas de interesse pode-se proceder a obtenção de um modelo matemático e de superfícies de respostas para representar a variação dessas variáveis, pelo teste F .

Os efeitos estimados indicam quanto cada fator influencia na resposta estudada. O valor de t indica o quão grande é a variável em relação ao seu desvio (KUROZAWA, 2005). Assim, quanto maior o valor de t maior também a probabilidade da variável ser estatisticamente significativa. O valor do coeficiente p está relacionado ao nível de significância da variável independente sobre a resposta em estudo (TONON, 2009). Segundo RODRIGUES e IEMA (2005), o teste F é uma ferramenta estatística que auxilia na avaliação do modelo aplicado para explicar fenômenos ocorridos durante o processo em estudo, em que o valor de F (média quadrática da regressão / média quadrática dos resíduos) é calculado pela análise de variância (ANOVA) e comparado com o valor tabelado, correspondente ao nível de confiança aplicado no modelo. Quanto maior o valor de $F_{\text{calculado}}$ em relação ao valor de F_{tabelado} , maior é a razão ($F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$), e melhor é o ajuste do modelo matemático aos dados experimentais. A validação dos modelos foi feita analisando-se os valores de F_{tabelado} e $F_{\text{calculado}}$ a 95% de confiança com valor de p menor que 0,05, calculados por análise de variância (ANOVA).

3.7 - Otimização da secagem

Os dados da desidratação osmótica foram analisados estatisticamente, após definidas as melhores condições de desidratação osmótica, representada pela combinação do tempo necessário para a máxima perda de água com a menor incorporação de sólidos. O melhor ensaio foi submetido à secagem em secador convectivo de bandejas a 50, 60 e 70 °C.

3.7.1- Secagem

Após a desidratação osmótica as fatias de berinjelas foram colocadas em estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C até obtenção de peso constante, para complementação da secagem, mostrado na Figura 3.7. Para efeito de comparação foram secas também berinjelas in natura.



Figura 3.7 - Fatias de berinjelas sobre bandejas e em estufa com circulação de ar

3.7.2 - Cinética de secagem

Na cinética de secagem foram utilizadas bandejas de arame galvanizado onde foram colocadas as fatias das berinjelas com pré-tratamento osmótico. Para obtenção dos dados da cinética utilizou-se cestas de arame galvanizado contendo amostras de berinjelas desidratadas osmoticamente em intervalos de tempo predefinidos de 5, 10, 30, 60 minutos. Para cada tratamento foi utilizado três repetições, com o que se tornou possível obter os dados experimentais da cinética de secagem, demonstrado na Figura 3.8. O fim da secagem deu-se quando obteve-se o teor de água de equilíbrio das amostras de berinjelas secas.



Figura 3.8 - Fatias de berinjelas sobre cestas de arame galvanizado

O tempo final da secagem foi determinado com o teor de água de equilíbrio, o qual foi obtido através de pesagens consecutivas até peso constante das bandejas com as amostras.

3.7.3 - Modelagem da Secagem

A modelagem matemática foram realizadas para os dados de secagem obtidas para as fatias “*in natura*” e tratadas osmoticamente com solução ternária por 2h a 30, 40 e 50 °C. Os dados experimentais da cinética de secagem foram tratados utilizando-se o programa Statistica 8.0, em que foram ajustados os modelos matemáticos de Page (Equação 2.12), Henderson & Pabis (Equação 2.13), Lewis (Equação 2.14), Midili (Equação 2.15) e Cavalcanti Mata (Equação 2.16).

Como critério de seleção para o modelo que melhor representou o processo de secagem, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2) e o quadrado médio dos desvios (DQM), calculado pela Equação 3.3 em que, quanto menor o valor de DQM melhor foi a representação do modelo empregado.

$$DQM = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RX_{pre} - RX_{exp})^2} \quad (3.2)$$

3.8 - Morfologia das berinjelas “in natura”, desidratada osmoticamente e após a secagem

A microscopia eletrônica de varredura é uma técnica que tem como objetivo possibilitar a visualização dos efeitos da combinação de processos de desidratação osmótica e secagem convectiva. Determinou-se a morfologia das fatias de berinjelas através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) no Laboratório de Caracterização de Materiais da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa/CCT/UFCG), de acordo com os procedimentos descritos por SILVEIRA (1989). As amostras foram fixadas em porta amostras metálicas (stubs), com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional. Em seguida, foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura (HITACHI TM-1000, Shimadzu) com aumentos de 150, 500 e 1500 vezes e a aquisição das imagens foi realizada pelo software LEO, versão 3.01.

3.9 - Elaboração da conserva com diferentes condimentos

Para avaliar a potencialidade do uso da berinjela como ingrediente alimentício, preparou-se conservas em azeite com diferentes condimentos.

3.9.1 - Formulação das conservas

Para o preparo das conservas foram utilizadas quatro formulações: a) padrão (testemunha), produzida com berinjela osmodesidratada e azeite; b) berinjela osmodesidratada, azeite e orégano; c) berinjela osmodesidratada, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim e d) berinjela osmodesidratada, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim com diferentes massas de condimento conforme a Tabela 3.3. Obteve-se a escolha das fatias de berinjela após o processamento da desidratação osmótica da melhor amostra, do planejamento experimental, obtido através do experimento com o menor ganho de sólidos (GS), com um maior percentual de perda de água (PA), maior percentual de perda de massa e maior Índice de Eficiência de Desidratação (IED) e após o processo de secagem de 50 °C, pois nesta temperatura observou-se que não foram alterados tanto a cor quanto a textura.

Tabela 3.3 - Massa de condimentos (g) utilizados na elaboração da conserva

Condimentos	Conserva de berinjela sem e com diferentes condimentos			
	Amostra I	Amostra II	Amostra III	Amostra IV
Orégano (g)	0	15	0	0
Salsa (g)	0	0	15	0
Pimenta calabresa (g)	0	0	5	0
Alecrim (g)	0	0	15	15
Hortelã (g)	0	0	0	15
Cravo (g)	0	0	0	15
Erva doce (g)	0	0	0	15

Quantidade por frasco: Peso de fatias de berinjelas de aproximadamente 90 gramas, volume de azeite 90 ml.

3.9.2- Esterilização dos vidros

Os vidros foram colocados abertos em um banho termostático contendo água a temperatura de ebulição durante 15 minutos. As tampas foram colocadas, no mesmo recipiente, e deixou-se por mais 5 minutos como mostra na Figura 3.9, com a finalidade de esterilizá-las. Em seguida os vidros e suas tampas foram colocadas em estufa para efetivar o processo de secagem.

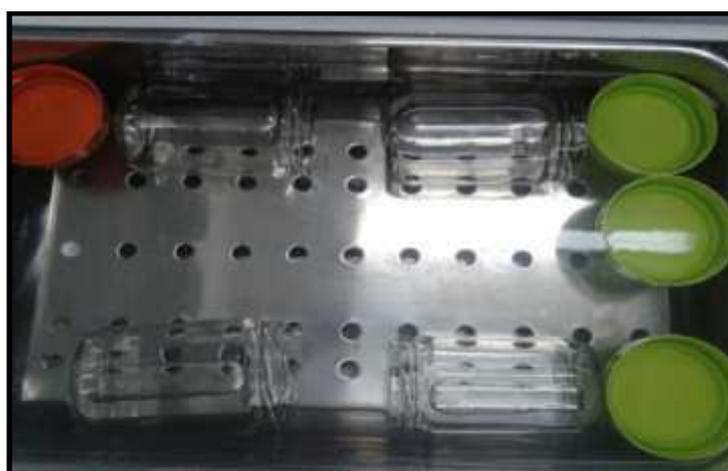


Figura 3.9 - Vidros e tampas em um recipiente contendo água quente

3.9.3 - Envase

As amostras das conservas das quatro formulações foram colocadas nos recipientes de vidro. O volume dos recipientes foi completado com adição de azeite de boa qualidade à temperatura de 80 °C, de modo a cobrir totalmente as fatias de berinjelas osmodesidratadas e secas. Foram colocadas as tampas e fechadas bem como observado na Figura 3.10.



Figura 3.10 – Recipientes com a conserva de berinjela

3.9.4 - Pasteurização das conservas

Os Recipientes foram colocados em um container contendo água e aquecidos durante 30 minutos sob ebulição. O aquecimento foi interrompido e os recipientes foram colocados sob uma corrente de água fria, para começar o processo de resfriamento da conserva de berinjelas.

3.9.5 – Produto

Depois de pronto, o produto foi armazenado em local arejado (Figura 3.11) e à temperatura ambiente sem poeira e sem incidência de raios solares, seguindo todas as normas de higiene e sanitização, assim como as boas práticas de fabricação para indústrias de alimentos.



Figura 3.11 – Conserva de berinjela armazenada em local arejado

3.10 - Caracterização física, química e físico-química da conserva com diferentes condimentos

Amostras das conservas, retiradas das quatro formulações, foram avaliadas após 192 horas do processo da elaboração da conserva, para que as conservas absorvessem todos os sabores dos condimentos, sendo coletadas amostras representativas do lote, para realização em triplicata das análises químicas, físicas e físico-químicas.

As conservas foram analisados quanto a acidez total titulável, teor de água e sólidos totais, atividade de água (a_w), pH, cinzas e cor, conforme as metodologias mencionadas no item 3.5.

3.11 - Avaliação da qualidade microbiológica da conserva com diferentes condimentos

As análises microbiológicas realizadas nas amostras de berinjela em conserva foram: coliformes a 35 °C (NMP/g), termotolerantes (NMP/g), *S.aureos* (UFC/g), mesófilos (UFC/g), bolores e leveduras (UFC/g) e *Salmonella sp./25 g*, segundo exigência da Resolução RDC nº 12 (BRASIL, 2001) que aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.

Os procedimentos microbiológicos seguiram o protocolo descrito pela FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (1995), sendo que a interpretação dos resultados foi realizada de acordo com os critérios microbiológicos estabelecidos na legislação brasileira (BRASIL, 2001).

3.12 - Aceitação sensorial e a intenção de compra da conserva de berinjela em azeite com diferentes tipos de condimentos

O teste de aceitação sensorial foi realizado avaliando-se os atributos de sabor, aroma, aparência, cor e intenção de compra. O painel sensorial foi composto de 50 julgadores treinados do sexo masculino e feminino, com faixa etária média de 19 anos, recrutados entre alunos do curso de graduação de Engenharia de Alimentos e Engenharia Agrícola e Pós-graduandos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, situado na cidade Campina Grande-PB.

Utilizou-se a escala hedônica de 9 pontos por ser a mais amplamente utilizada para estudo de preferência com adultos (DUTCOSKY, 2007), assim avaliou-se, inicialmente, a aceitação de cada amostra, de forma global, utilizando uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, com escores variando de 9 (gostei extremamente) até 1 (desgostei extremamente) conforme descrito na ficha de avaliação sensorial (Anexo I).

No teste de intenção de consumo os provadores utilizaram uma escala estruturada de 5 pontos, com escores variando de 5 (comeria sempre) até 1 (nunca comeria) conforme descrito na ficha de avaliação sensorial (Anexo II).

Em ambos os testes sensoriais as amostras foram servidas de forma monádica, em copos pequenos e brancos descartáveis codificados com três dígitos aleatórios, acompanhados de ficha de avaliação, um copo com água mineral, caneta esferográfica. Os provadores foram orientados a fazer uso da água entre uma amostra e outra (FARIAS et al., 2002).

Para a análise dos resultados dos testes sensoriais utilizou-se o programa ASSISTAT realizar a análise de variância e calcular as médias dos tratamentos, a comparação foi feita aplicando-se o teste de Tukey. Para determinar o grau de concordância entre os consumidores com relação às notas atribuídas, utilizou-se o CONSENSOR (SILVA et al., 2010).

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterizações físico-química, física e química da berinjela “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

Nas Tabelas A.1 a A.6 (Apêndice A) encontram-se as análises de variância dos parâmetros físico-químicos determinados nas fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratadas e secas em diferentes temperaturas. Nota-se que todos os parâmetros físico-químicos determinados nas fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratadas e secas, em diferentes temperaturas, tiveram efeitos estatisticamente significativos a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.1, estão apresentados os valores médios com seus respectivos desvios da caracterização físico-química das fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratadas em diferentes temperaturas. Nota-se que os valores experimentais encontrados na caracterização físico-química das fatias de berinjelas sofreram alterações ao decorrer do processo de desidratação osmótica e da secagem nas diferentes temperaturas de secagem, quando comparados aos valores experimentais encontrados na caracterização físico-química das fatias de berinjela “*in natura*”. Os parâmetros de sólidos solúveis totais (°Brix), cinzas, sólidos totais, acidez e sódio aumentaram com a desidratação e o aumento da temperatura, o que já era esperado devido ao aumento da evaporação de água livre com o aquecimento, bem como a maior concentração da matéria seca e conseqüente concentração dos elementos minerais nas amostras. O pH diminuiu com a pré-secagem e com o aumento da temperatura.

Com relação ao parâmetro teor de sólidos solúveis totais (°Brix) não houve diferenças estatísticas entre si após a desidratação. SOUZA NETO (2002), ao avaliar os teores de sólidos solúveis totais em tomates “*in natura*” e após a desidratação osmótica, observou uma maior concentração dos teores de sólidos solúveis totais em tomates desidratados osmoticamente quando comparado com o tomate “*in natura*” e tornando-se estável em todas as concentrações de sal, não ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos utilizados.

As médias da acidez total titulável da fatia de berinjela “*in natura*”, osmodesidratadas e secas em diferentes temperaturas, diferiram estatisticamente entre si em todo o processo de desidratação e principalmente no aumento das temperaturas de secagem, com valores médios de 0,22; 0,85; 0,90; 1,14 e 1,27, para amostras *in natura*, desidratadas, secas a 50 °C, secas a 60 °C e secas 70 °C, respectivamente. Observa-se que o valor médio de pH nas fatias de berinjela “*in natura*” foi igual a 5,14, maior que o valor obtido para berinjela osmodesidratada com valor de 3,78. Os valores de pH, embora tenham diferido

estatisticamente entre si, não apresentaram aumento tão expressivo quando comparados nas três temperaturas de secagens estudadas, com valores médios de 4,68, 4,63 e 4,30 respectivamente. PESSOA (2011), ao analisar goiabas-passa, no estágio de maturação madura, desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose, nas concentrações de 40 e 50 °Brix e secas nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, em estufa com circulação de ar, verificou que o pH aumenta à medida que a temperatura de secagem aumenta, independente do pré-tratamento osmótico.

Os valores médios do sódio nas fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratadas e secas em diferentes temperaturas, diferiram entre si aumentando após a desidratação osmótica, podendo-se atribuir parte dessa diferença à concentração devido a perda de água . PEREZ (2010), ao trabalhar com a desidratação osmótica do cubiu (*Solanum sessiliflorum Dunal*), utilizando soluções ternárias observou que à medida que a concentração de sal na solução aumenta (a concentração de sacarose diminui), a competição entre os fluxos destes dois solutos também aumenta, e como o peso molecular do sal é bem menor, este penetra muito mais facilmente que a sacarose, acarretando uma redução do coeficiente de transferência de massa da mesma.

Tabela 4.1 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos das fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

Parâmetros	Média e desvio padrão					DMS	CV%
	“ <i>In natura</i> ”	Desidratada	Secagem				
			50 °C	60 °C	70 °C		
Sólidos solúveis totais (°Brix)	3,75 ± 0,58b	5,13 ± 0,18a	5,13 ± 0,26a	5,17 ± 0,22a	5,23 ± 0,18a	0,84	6,56
Sólidos Totais	6,94 ± 0,61c	11,05 ± 0,822c	58,73 ± 0,11b	79,68 ± 4,98a	80,55 ± 0,84a	14,2	11,20
Acidez total titulável	0,22 ± 0,01d	0,85 ± 0,036c	0,90 ± 0,04c	1,14 ± 0,02b	1,27 ± 0,01a	0,07	3,27
pH	5,14 ± 0,01a	3,78 ± 0,03d	4,68 ± 0,01b	4,63 ± 0,02b	4,30 ± 0,03c	0,05	0,44
Sódio (mg%)	12,00 ± 0,054c	16,00 ± 0,005c	26 ± 0,005b	26 ± 0,005b	46 ± 0,011a	6,28	9,32

Obs.: As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas B.1 a B.9 (Apêndice B) encontram-se as análises de variância dos parâmetros físicos determinados nas fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas. Nota-se que quase todos os parâmetros físicos determinados nas fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratadas e secas em diferentes temperaturas tiveram efeitos estatisticamente significativos a 1% de probabilidade, exceto para os parâmetros elasticidade e coesividade, os quais foram estatisticamente não-significativos. Na Tabela 4.2, apresenta-se os resultados da caracterização física das fatias de berinjela “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas.

Com relação aos valores médios do parâmetro teor de água teor de água/sólidos totais, percebe-se que, o teor de água reduziu com a desidratação osmótica e com o aumento da temperatura, enquanto para os sólidos totais ocorreu o inverso, o que já era esperado pelo fato da incorporação de NaCl e sacarose, isso implica na adição de mais sólidos à amostra. Em estudo SILVA et al. (2012), encontraram valores acima de 90% para os teores de água em cultivares de berinjela sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. Há redução no teor de água com a elevação da temperatura, estas favoreceram a maior remoção de água, ocorrendo uma redução gradativa conforme o aumento da temperatura variando de 41,27% com uma temperatura de 50 °C para 20,32% temperatura de 60 °C e 19,45% para a maior temperatura de 70 °C. As médias do teor de água diferiram estatisticamente entre si com o aumento temperatura. KOWALSKA e LENART (2001), trabalhando com cubos de maçã, abóbora e cenoura em soluções contendo sacarose a 61,5 °Brix à temperatura de 30 °C, observaram que nos primeiros 30 minutos o conteúdo do teor de água da maçã foi reduzido a 48%, enquanto da abóbora e da cenoura o conteúdo foi reduzido em torno de 50 e 47%, respectivamente. MENDES et al. (2013) ao trabalharem com desidratação osmótica de laranjas avaliaram as perdas do teor de água da laranja a fim de verificar e garantir eficiência da desidratação osmótica. Inicialmente, a umidade da fruta *in natura* era de 88,9% e após a desidratação osmótica o teor de umidade apresentou uma redução igual a 5,1%, ou seja, a umidade da laranja passou a ser de 83,3%.

Analisando os valores médios para a cor das fatias de berinjelas devido aos processos combinados de desidratação osmótica e de secagem em diferentes temperaturas de 50, 60 e 70 °C, nota-se que no parâmetro de luminosidade (L*) os valores médios dos tratamentos diferiram estatisticamente entre si. Os valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) diferiram estatisticamente entre si, aumentando conforme os tratamentos utilizados principalmente nas temperaturas de 60 e 70 °C. Os valores do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) aumentaram conforme o tratamento, havendo assim diferenças estatísticas.

Quando comparada às fatias osmodesidratadas, observa-se que as temperaturas de secagem influenciaram para uma diminuição significativa na intensidade de amarelo, passando de 40,57 para 36,31 em média. Contudo, a influência da temperatura nas fatias de berinjela afetou a predominância da cor amarela no produto. TSUDA et al. (2014), ao estudarem a secagem de fatias de berinjela durante o processo, realizaram uma análise das cores das superfícies da fatia ao final da secagem obtendo valor para a intensidade de Luminosidade (L^*) de 74,69, para a Intensidade de vermelho ($+a^*$) de 3,89 e Intensidade de amarelo ($+b^*$) com valor médio de 24,73 para temperatura de 70 °C, os autores concluíram que as condições utilizadas, durante os experimentos de secagem, não influenciaram significativamente na cor da polpa. REIS et al. (2011) investigaram a influência de condições variáveis de secagem a vácuo sobre a qualidade de fatias de yacon, a cor foi expressa nos espaços $L^*a^*b^*$ e concluíram que o avanço da secagem promoveu uma diminuição dos valores de L^* e um aumento dos valores de a^* e b^* .

Analisando a Tabela 4.2, nota-se que os valores médios da textura das fatias de berinjela “*in natura*”, osmodesidratadas e secas, em diferentes temperaturas, não diferiram em todo o processo da desidratação osmótica e combinado com a secagem nas diferentes temperaturas de secagem 50, 60 e 70 °C, nota-se que os valores médios de firmeza das fatias de berinjela variaram de 76,52 N a 62,52 N, influenciando assim uma diminuição da firmeza principalmente com o aumento da temperatura. KHIN et al. (2006) relatam que após secagem ocorre uma firmeza maior das amostras, em decorrência de mudanças na estrutura celular. Para os valores médios dos parâmetros mastigabilidade (J), elasticidade (mm) e coesividade das fatias de berinjela *in natura*, osmodesidratadas e secas em diferentes temperaturas, as médias não diferiram entre si. GALDINO (2012), ao trabalhar com manga-passa em diferentes concentrações de °Brix e diferentes temperaturas, avaliou instrumentalmente a textura como resistência à compressão, concluiu que as amostras de manga-passa diferiram estatisticamente entre si; necessitando-se, com o aumento da temperatura de secagem, uma força maior para comprimir 100% das amostras; onde a maior força, 424,10 N, foi requerida para compressão das amostras de mangas-passa secas a 70 °C; já as amostras mais macias foram as manga-passa secas a 50 °C, em que a força requerida para mesma compressão foi de 207,09 N. LEWICKI e LUKASZUK (2000), afirmaram que durante a secagem, a remoção de água promove a formação de um concentrado de sólidos amorfos na superfície, o que resulta num endurecimento do tecido, em contrapartida, em maior rigidez do produto seco, contudo, a tensão na ruptura ou dureza dos produtos secos com pré-tratamento osmótico aumenta com o tempo de secagem.

Tabela 4.2 - Valores médios dos parâmetros físicos das fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

Parâmetros	Média e desvio padrão					DMS	CV%
	“ <i>In natura</i> ”	Desidratada	Secagem				
			50 °C	60 °C	70 °C		
Teor de água (%)	93,16 ± 0,29a	88,95 ± 0,004a	41,27 ± 1,03b	20,32 ± 3,22c	19,45 ± 0,83c	14,27	10,08
Atividade de água (a_w)	0,995 ± 0,001a	0,991 ± 0,001a	0,597 ± 0,00b	0,489 ± 0,00c	0,471 ± 0,00d	0,007	0,37
Luminosidade (L*)	74,90 ± 1,33a	60,72 ± 0,08b	57,88 ± 0,59c	33,72 ± 0,05d	32,66 ± 0,79d	2,021	1,45
Intensidade de vermelho (+a*)	-1,68 ± 0,48e	4,53 ± 0,017d	0,46 ± 0,24c	10,59 ± 0,09b	12,97 ± 0,15a	0,785	4,13
Intensidade de amarelo (+b*)	35,07 ± 2,30b	37,00 ± 0,208b	40,57 ± 1,00a	21,21 ± 0,06c	36,31 ± 1,00b	3,260	3,56
Firmeza* (N)	76,52 ± 0,04a	71,43 ± 0,006ab	35,50 ± 1,32 b	34,34 ± 2,4 b	62,52 ± 1,44 a	12,549	8,33
Mastigabilidade* (J)	21,31 ± 0,01ab	32,40 ± 0,01a	18,74 ± 0,01 a	10,97 ± 3,5 a	18,74 ± 0,00 a	14,07	25,60
Elasticidade* (mm)	1,00 ± 0,00a	0,99 ± 0,006a	0,98 ± 0,02 a	0,98 ± 0,02 a	0,97 ± 0,03 a	0,062	2,36
Coesividade* (Adimensional)	0,28 ± 0,015a	0,46 ± 0,13a	0,28 ± 0,06 a	0,32 ± 0,07 a	0,31 ± 0,07 a	0,221	24,52

Obs.: As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas Tabelas C.1 a C.8 (Apêndice C) se encontram as análises de variância dos parâmetros químicos determinados nas fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas. Nota-se que todos os parâmetros químicos determinados nas fatias de berinjelas *in natura*, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas tiveram efeitos estatisticamente significativos a 1% de probabilidade exceto para o parâmetro Enxofre (S), o qual foi estatisticamente não-significativo. Na Tabela 4.3, apresenta-se os resultados da caracterização química das fatias de berinjela “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas.

Como resultado das análises químicas nas fatias de berinjela osmodesidratadas secas, foram encontrados os macronutrientes potássio, cálcio, fósforo, cloro e enxofre e os micronutrientes ferro, zinco e cobre.

Na Tabela 4.3 encontram-se os teores de cinzas das fatias de berinjela “*in natura*”, osmodesidratadas e secas em diferentes temperaturas, percebe-se por estes resultados que houve um aumento expressivo dos tratamentos estudados em relação ao produto “*in natura*” com valores médios de 0,41, 14,5, 10,40, 10,31 e 16,28%, respectivamente. As médias diferiram estatisticamente entre si. GALDINO (2012) verificou que a quantidade de cinzas tende a aumentar com os tratamentos, ao trabalhar com desidratação osmótica seguida de secagem de manga obtendo valores de 0,61, 1,27, 1,73; 2,10 a 2,35% para amostras *in natura*, desidratadas, secas a 50 °C, secas a 60 °C e secas 70 °C, respectivamente.

Observa-se que os valores médios dos minerais (potássio, cálcio, fósforo, cloro, enxofre, ferro, zinco e cobre) das fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas aumentaram com o processo da pré-secagem e da secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, os valores médios dos parâmetros K, Ca, P, Cl, Fe, Zn e Cu diferiram estatisticamente entre si após todo o processo de desidratação e secagem, foi possível concluir que as condições utilizadas durante o experimento influenciaram significativamente devido à concentração dos minerais. Segundo TORREGGIANI e BERTOLO (2001) durante o processo de desidratação, alguns solutos presentes no xarope podem não migrar efetivamente para as células das frutas e hortaliças, mas tão somente penetrar nos espaços intracelulares e ali se alojar, em razão das alterações na permeabilidade e seletividade da estrutura do tecido celular devido à maturação, condições de estocagem e pré-tratamentos químicos sofridos pelo produto.

Tabela 4.3 - Valores médios dos parâmetros químicos das fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratada em diferentes temperaturas

Parâmetros (%)	Média e desvio padrão					DMS	CV%
	“ <i>In natura</i> ”	Desidratada	Secagem				
			50 °C	60 °C	70 °C		
Cinzas	0,41 ± 0,032b	14,5 ± 2,75a	10,40 ± 0,11b	10,31 ± 0,81a	16,28 ± 0,91b	3,74	11,26
K	1,50 ± 0,01 e	1,52 ± 0,01 d	2,63 ± 0,00 c	3,12 ± 0,01 b	6,59 ± 0,00 a	0,01	0,24
Ca	0,083± 0,00 e	0,24 ± 0,00 d	0,40 ± 0,08 c	0,54 ± 0,00 b	1,10± 0,00 a	0,01	1,09
P	0,048 ± 0,04 e	0,068 ± 0,01d	0,19 ± 0,04 c	0,23 ± 0,02 b	0,59 ± 0,04 a	0,005	1,63
Cl	0,99 ± 0,01 e	4,19 ± 0,02 d	5,08 ± 0,00 c	5,50 ± 0,00 b	6,19 ± 0,00 a	0,01	0,12
S	0,017 ± 0,00 a	0,028 ± 0,03 a	0,050± 0,01 a	0,059 ± 0,01 a	0,22 ± 0,01 a	0,31	10,75
Fe	0,0071 ± 0,01d	0,021 ± 0,00 c	0,037 ± 0,01 b	0,037 ± 0,00 b	0,053 ± 0,01 a	0,007	9,11
Zn	0,016± 0,00 e	0,080 ± 0,02 d	0,092± 0,00 c	0,11 ± 0,00 b	0,22 ± 0,00 a	0,007	2,51
Cu	0,002 ± 0,03c	0,004 ± 0,03 c	0,011± 0,00 b	0,033 ± 0,00 a	0,033± 0,00 a	0,003	6,96

Obs.: As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.2 - Estudo da otimização da desidratação osmótica das fatias de berinjela

No planejamento experimental fatorial estudou-se a influência da temperatura, da concentração de NaCl e tempo de imersão como variáveis de entrada durante a desidratação osmótica. O objetivo foi avaliar a influência destas variáveis de entrada (independentes) durante a desidratação osmótica sobre as variáveis de resposta (dependentes): percentual de Perda de água (% PA), Perda de massa (% PM), Ganho de sólidos (% GS) e Índice de eficiência na desidratação (IED).

Na Tabela 4.4 estão apresentados os valores codificados e reais das variáveis de estudo da resposta percentual de Perda de Água (% PA), Perda de Massa (% PM), Ganho de Sólidos (% GS) e Índice de Eficiência na Desidratação (IED) obtida durante a desidratação osmótica das fatias de berinjela com solução ternária em diferentes concentrações, de acordo com o planejamento.

Tabela 4.4 – Respostas das variáveis dependentes de acordo com o planejamento fatorial das fatias de berinjela desidratada osmoticamente

Ensaio	Variáveis independentes			Variáveis dependentes			
	T (°C)	C. NaCl (%)	T (min)	% PA	% PM	% GS	IED
1	30	3	120	21,57	4,01	17,56	1,23
2	50	3	120	27,12	5,21	21,91	1,24
3	30	9	120	22,24	3,56	18,68	1,19
4	50	9	120	26,71	3,83	22,88	1,17
5	30	3	360	29,44	3,87	25,56	1,15
6	50	3	360	40,72	5,21	35,52	1,15
7	30	9	360	26,89	6,24	20,65	1,30
8	50	9	360	37,85	9,30	28,55	1,33
9	40	6	240	34,14	5,64	28,50	1,20
10	40	6	240	26,72	5,27	21,35	1,25
11	40	6	240	32,07	6,43	25,64	1,25

Temperatura – T, Concentração de NaCl – C, Tempo – t, Perda de água - PA, Perda de massa– PM, Ganho de sólidos - GS e Índice de eficiência na desidratação - IED

A perda de água foi maior que o ganho de sólidos em todos os experimentos, ratificando os resultados de alguns autores (TSAMAO et al., 2005; LEWICKI e PORZECKA-PAWLAK, 2005). A perda de água variou de 21,57% (experimento 1) a 40,72% (experimento 6). Perda de massa de 3,56% (experimento 3) a 40,72% (experimento 6); Ganho de sólidos 17,56% (experimento 1) a 35,52% (experimento 6) o índice de eficiência variou de 1,15 a 1,33. Nota-se que nos respectivos experimentos realizados a Perda de água foi maior que o Ganho de sólidos, segundo MONNERAT et al. (2010) quanto maior a proporção da perda de água/ganho de solutos, maior é a eficiência do processo de desidratação osmótica. Apesar da menor absorção de sal, a solução ternária resultante da presença deste componente é responsável por uma melhor redução do teor de água, quando comparado com os resultados da solução binária de sacarose. Para MENDES et al. (2013) um dos objetivos da desidratação osmótica é a pequena incorporação de sólidos e a grande perda de água; sendo assim o experimento é relevante. Observou-se ainda que o parâmetro perda de água foi bem superior até na menor porcentagem de 21,57% enquanto que o ganho de sólidos apresentou valor de 17,56%.

Pode-se perceber que há um aumento da perda de água (PA), em função do aumento das temperaturas da solução, da maior concentração de NaCl e o do maior tempo de imersão das fatias de berinjela na solução ternária, esse comportamento é esperado pois estas variáveis encontram-se fortemente relacionadas. ARAÚJO et al. (2010) ao trabalharem com a otimização da desidratação osmótica do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) observaram-se um aumento da perda de água (PA) em função da concentração de NaCl e temperatura da solução osmótica. Estes resultados foram ratificados por LEWICKI e PORZECKA-PAWLAK (2005) com relação à perda de água, ao afirmar-se que o fluxo de água é maior nos primeiros 30 min de osmose. Na desidratação osmótica de cenoura em cubos, SINGH et al. (2010) verificaram que a perda de água aumentou com o aumento da concentração da solução osmótica, temperatura da solução e duração do processo. Porém, as interações com outras variáveis (concentração e tempo) tiveram um efeito negativo sobre a perda de água (PA). BORIN et al. (2008), estudando o efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora, observaram que a desidratação osmótica conduzida em soluções de sacarose e soluções de sacarose e NaCl, durante 1 e 2 horas, em geral apresentaram maior eficiência na primeira hora de processo, período em que ocorre grande perda de água. A maior eficiência foi

constatada em soluções de sacarose contendo 3% de NaCl e a menor em soluções com 5%, cujas amostras apresentaram elevado teor de NaCl.

TONON et al. (2006), ao estudarem a desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias, pela metodologia de superfície de resposta, observaram que a temperatura foi a variável que apresentou maior influência sobre a perda de água ao final de 3 h de processo, resultando num aumento desta resposta, os autores explicam que este fato se deve ao possível inchaço e plasticização sofridos pela membrana celular durante a desidratação osmótica a temperaturas mais altas, que acarretam um aumento de sua permeabilidade.

Na Tabela 4.4, observa-se uma contribuição positiva da variável tempo sobre a perda de massa (PM), enquanto o efeito da temperatura e concentração de NaCl da solução foram não significativos, a perda de água variou de 21,57% a 40,72%. Ao contrário MERCALI et al. (2010) ao avaliarem a cinética de transferência de massa de bananas registraram elevada troca de massa com maior temperatura e concentração de solutos o que pode ser explicado pelo gradiente de maior pressão osmótica ao aumentar a temperatura ou concentração de soluto. Além disso, relataram que altas temperaturas parecem promover a perda rápida de água através do inchaço e plasticização das membranas celulares e difusão mais rápida da água no interior do produto devido à menor viscosidade do meio osmótico.

Observa-se também na Tabela 4.4, o melhor resultado para ganho de sólidos (GS) no tratamento utilizando a temperatura de imersão 30 °C, com a concentração de NaCl de 3% e tempo de 120 minutos (experimento 1) com um valor de perda de água de 21,57%. De acordo com FERNANDES (2012), a condição ideal para obtenção de berinjela seca em forma de “chips” foi T 50 °C, CSac 45%, CSal 7,5%, t 127,5 minutos, onde tal fato implica em um produto final com um teor de sódio sensorialmente atenuado devido à presença da sacarose e sendo considerado, portanto, mais saudável em função dos menores teores de sódio e sacarose, quando comparado com os similares comerciais, assim como, pela não utilização do processo de fritura convencional.

SILVA et al. (2010), ao estudarem o efeito da pressão osmótica no processamento e avaliação da vida de prateleira de tomate seco, constataram que os valores obtidos para o ganho de sólidos, ao longo do tempo, foram bem menores do que os valores obtidos para a perda de água, sendo este resultado muito importante, já que o objetivo da desidratação osmótica é alcançar o máximo de perda de água com o mínimo de ganho de sólidos.

Ao verificar os dados na Tabela 4.4, observa-se que o índice de eficiência de desidratação (IED) é um índice adequado para avaliar o processo de desidratação osmótica (MOREIRA et al. 2007; KHIN et al., 2007), observa-se maior influência na concentração de NaCl e na interação entre a concentração de NaCl x tempo, ou seja, quanto maior for a concentração e o tempo, maior será o IED.

PORTO et al. (2014) obtiveram as melhores condições para a desidratação osmótica da uva Crimson Seedless (*Vitis vinifera* L.), utilizando o índice de eficiência de desidratação osmótica (IED) como parâmetro da solução osmótica com 42 °Brix, tempo de imersão de 1,6 horas e temperatura de 46 °C.

Em estudo da desidratação osmótica da cenoura (*Daucus carota* L.) em fatias ARAÚJO (2010) verificou que a solução só com sacarose resultou no melhor índice de eficiência em uma temperatura e 50 °C e no tempo de imersão de 60 minutos. SINGH et al. (2007) observaram, ao desidratar cenouras em cubo, que a desidratação em tempo mais curto e temperatura mais baixa apresentaram melhor eficiência com melhor relação de perda de água sobre o ganho de sólidos.

JUNIOR et al. (2004), ao estudaram o efeito das variáveis temperatura e concentração de cloreto de sódio na relação perda de água e ganho de soluto, durante o processo da desidratação osmótica de cenouras usando a metodologia de superfície de resposta, concluíram que a concentração da solução de cloreto de sódio promoveu maior efeito sobre o índice de eficiência da desidratação.

Para DIONELLO et al. (2007), o controle efetivo das principais variáveis que interferem na desidratação osmótica, faz com que o processo resulte em duas situações: perda de água maior que o ganho de sólidos ou perda de água inferior ao ganho de sólidos.

4.2.1– Perda de Água

Na Tabela 4.5 são apresentados os efeitos significativos e não significativos, os erros padrão, os coeficientes t e o grau de significância estatística (p) da temperatura, concentração de NaCl, e tempo de desidratação, sobre a perda de água durante o processo de desidratação osmótica das fatias de berinjela. A média dos ensaios, a temperatura e o efeito do fator linear (tempo) são marcados em negrito, indicando que

são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Os dados foram obtidos considerando-se o erro puro.

Verifica-se que a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e o tempo (min) foram as variáveis que influenciaram significativamente na perda de água das fatias de berinjela osmodesidratadas; isto é evidenciado quando se observam os valores do efeito estimado de cada fator linear avaliado, notando-se que a temperatura e o tempo apresentam valores absolutos maiores, quando comparado com a variável concentração de NaCl, obtendo valor negativo de -1,29. Constata-se que a variável de entrada concentração apresentou efeito estimado negativo, ou seja, apresentam efeito decrescente sobre a resposta quando passa de um nível -1 para um nível +1, isto implica dizer que, quanto maior a temperatura menor será a perda de água. Constata-se, também, que as variáveis de entrada temperatura e tempo apresentaram efeitos estimados positivos, ou seja, apresentaram efeito crescente sobre a resposta, de forma a dizer que quanto maior o tempo e a temperatura de desidratação, maior será a perda de água. Com relação às interações temperatura ($^{\circ}\text{C}$) x concentração de NaCl (%), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) x tempo (min) e concentração de NaCl (%) x tempo (min), não foram significativas, pois apresentaram um $p > 0,05$. UDDIN et al. (2004) observaram que a concentração da solução de sacarose, seguida da temperatura foram os fatores mais significantes durante a perda de umidade na desidratação osmótica de cenoura.

Tabela 4.5 - Efeito estimado, erro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para a perda de água das fatias de berinjela osmodesidratada

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t(4)	Significância Estatística (p)
Média	29,57909	0,928449	31,85862	0,000006
Temperatura	8,06500	2,177405	3,70395	0,020764
Conc. de NaCl	-1,29000	2,177405	-0,59245	0,585419
Tempo	9,31500	2,177405	4,27803	0,012868
Temper. x Conc. de NaCl	-0,35000	2,177405	-0,16074	0,880088
Temperatura x Tempo	3,05500	2,177405	1,40305	0,233259
Conc. de NaCl x Tempo	-1,42000	2,177405	-0,65215	0,549880

Na Figura 4.1 encontra-se o diagrama de Pareto, uma das formas de se avaliar visualmente a influência dos fatores estudados na resposta. A magnitude dos efeitos é representada pelas barras, enquanto que a linha transversal às barras representa a magnitude dos efeitos com significado estatístico para $p = 0,05$, ou seja, os fatores que são estatisticamente significativos a 95% de confiança. Por meio do diagrama de Pareto, observa-se como o tempo e a temperatura foram os efeitos que mais influenciaram na perda de água do produto, fato este evidenciado pelo fator absoluto de (4,27), seguido do segundo parâmetro (temperatura) com valor absoluto de 3,70. A variável concentração de NaCl, como também, as interações temperatura ($^{\circ}\text{C}$) x concentração de NaCl (%), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) x tempo (min) e concentração de NaCl (%) x tempo (min) não ultrapassaram a linha vermelha, logo, não foram significativas. Segundo VIANA (2014), o aumento da temperatura ou concentração de solutos causa um aumento na transferência de massa porque aumenta a gradiente de pressão osmótica. Adicionalmente, altas temperaturas promovem rápida perda de água através do inchaço e plasticização da membrana celular e a rápida difusão de água do produto por causa da baixa viscosidade do meio osmótico (MERCALI et al., 2010).

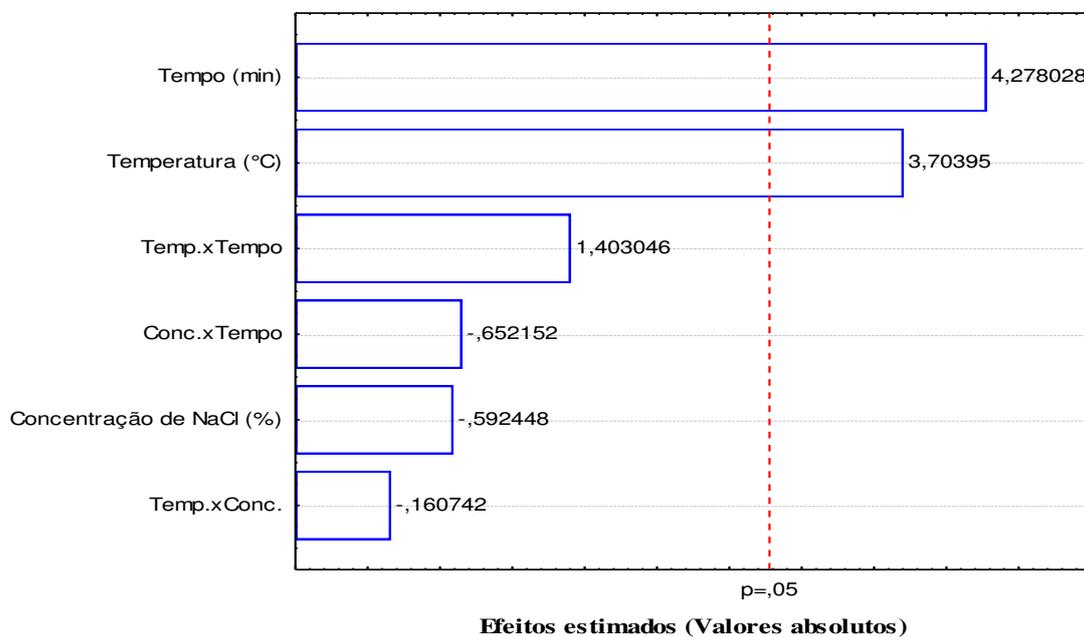


Figura 4.1 – Diagrama de Pareto da perda de água das fatias de berinjela osmodesidratadas

Com a realização do planejamento fatorial para o parâmetro perda de água, foi possível fazer uma regressão linear (Equação 4.1) com os valores obtidos, em função da

temperatura, concentração de NaCl, tempo e da interação entre essas três variáveis de entrada. Como o tempo e a temperatura foram significativos com 95% de confiança, apenas seu valor se inclui na equação de regressão.

$$PA = 29,579090 + 4,032500T - 0,645000C + 4,657500t - 0,175000T.C. + 1,527500T.t. - 0,710000C.t. \quad (4.1)$$

em que:

PA : perda de água, %;

T : temperatura, °C;

C : concentração de NaCl, %; e

t : tempo, min.

A Tabela 4.6 contem a análise de variância (ANOVA) utilizada para comprovar a significância estatística do modelo matemático obtido para perda de água e ainda exibe o resultado do teste F, o qual representa a razão entre o $F_{\text{calculado}}$ e o F_{tabelado} . Sempre que esta relação for maior que 1 a regressão será estatisticamente significativa havendo relação entre as variáveis independentes e as dependentes.

BARROS NETO et al. (2003) sugeriram que para uma regressão ser significativa não apenas estatisticamente, mas também útil para fins preditivos, o valor de $F_{\text{calculado}}$ para a regressão deve ser no mínimo quatro vezes o valor de F_{tabelado} . No modelo ajustado para a perda de água das fatias de berinjela osmodesidratadas verificase significância da regressão a 95% de confiança ($p \leq 0,05$), pelo teste F. Nota-se que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o valor do F_{tabelado} e o valor da razão destes foi (R^2) igual a 89,69 para o nível de 95% de confiança. Assim, de acordo com o teste F, o modelo linear da perda de água foi estatisticamente significativo, como também, preditivo. A falta de ajuste se apresentou não significativa, uma vez que o $F_{\text{calculado}}$ foi inferior ao F_{tabelado} . GALDINO (2012), ao estudar desidratação osmótica de manga espada, utilizando como agente desidratante a sacarose em estufa com circulação de ar, por meio de planejamento fatorial, avaliou que o modelo linear para a perda de água foi significativo e não preditivo com R^2 superior a 96%.

Tabela 4.6 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de água das fatias de berinjelas

	S.Q	GL	M.Q	F_{calculado}	F_{tabelado}*
Regressão	329,627	3	109,209		4,07
Resíduo	37,9287	8	4,741	23,347	
Falta de Ajuste	9,4824	5	1,8964		9,01
Erro Puro	28,4463	3	9,4821	0,20	
Total	367,8277				

$R^2 = 89,69\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$. SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

Na Figura 4.2, apresentam-se as superfícies de resposta para perda de água, relacionando: (a) temperatura x concentração para um tempo de 240 (min); (b) temperatura x tempo para uma concentração de 9% de NaCl; (c) concentração x tempo para uma temperatura de 40 °C nas fatias de berinjelas. Analisando a Figura 4.2 (a) observa-se que o maior valor encontrado para perda de água (40,72) foi encontrado com a menor concentração de NaCl e maior temperatura de imersão da fatia de berinjela, enquanto que a menor quantidade de perda de água (21,71) foi encontrada na menor temperatura de imersão e na menor concentração de NaCl. Quando analisa-se a Figura 4.2 (b) observa-se que o maior valor encontrado para perda de água (40,72) foi encontrado na maior temperatura e maior tempo, e a menor quantidade de perda de água (21,71) foi encontrada na menor temperatura e menor tempo. Assim, verifica-se que o tempo e a temperatura foram os fatores que influenciaram significativamente.

Em relação à concentração da solução, quanto maior o teor de NaCl utilizado, maior a perda de água apresentada pelas amostras. A presença do NaCl provoca uma redução da atividade de água da solução, aumentando, assim, a força motriz que provoca a saída de água do produto.

De acordo com SERENO et al. (2001), o sal também pode provocar mudanças estruturais na membrana celular, alterando suas propriedades físicas e levando a um aumento em sua permeabilidade, principalmente à temperaturas mais elevadas.

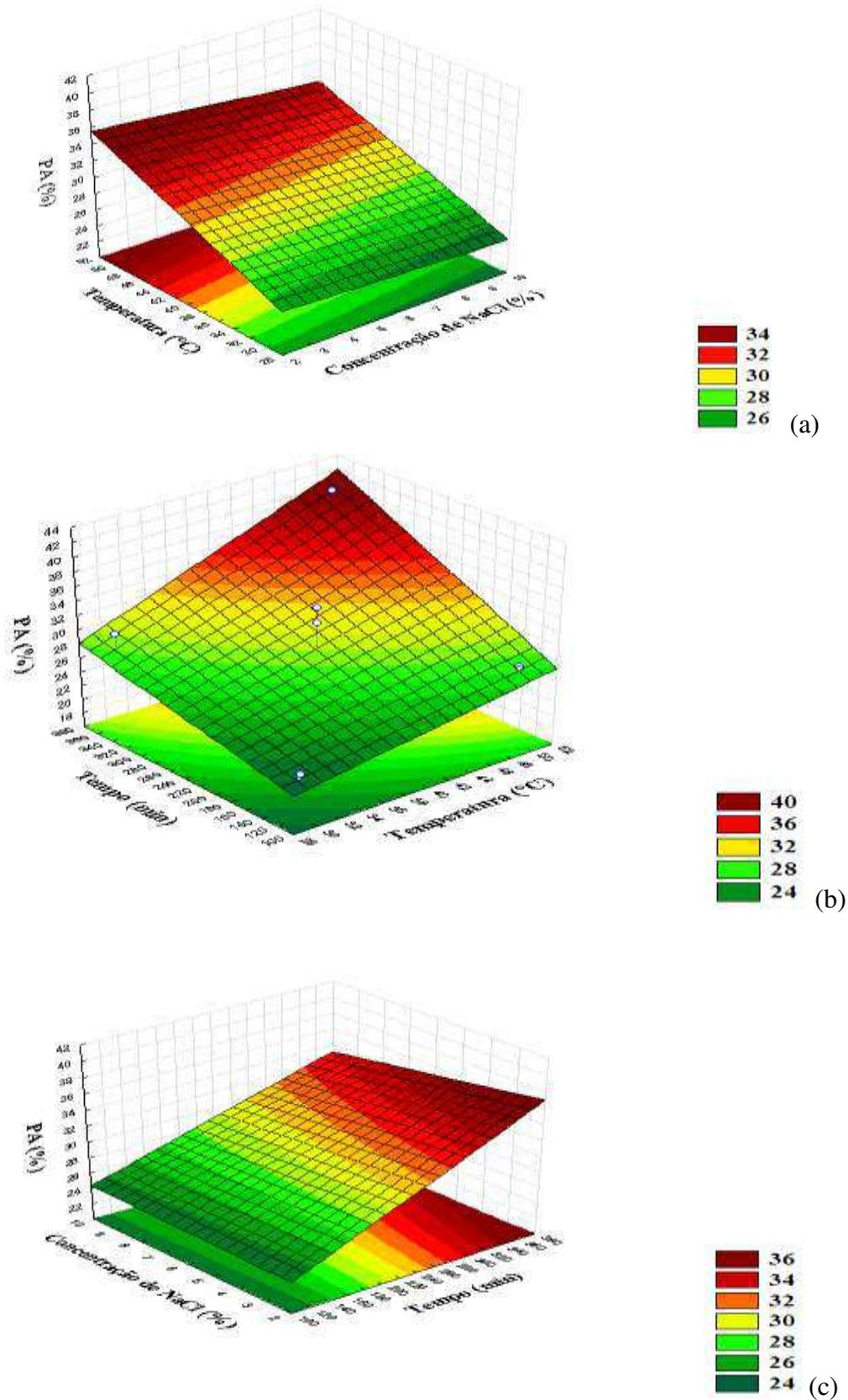


Figura 4.2 - Superfícies de resposta para a perda de água (PA): (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjelas

VIANA (2014), ao trabalhar com desidratação osmótica, com pulso de vácuo de fatias de tomate cultivar Carmen, observou que os efeitos lineares de interação negativos também foram verificados em relação à temperatura com pulso de vácuo e concentração de cloreto de sódio e sacarose, ou seja, o aumento de ambas as variáveis na interação resulta na redução da perda de água.

RODRIGUES e FERNANDES (2007) estudaram a influência da composição da solução osmótica de um sistema ternário (água/açúcar/sal) no processo de desidratação osmótica de melão (*Curcumis melo* L.), seguido por secagem por ar, visando à redução do tempo total de secagem e a redução dos custos operacionais. Os resultados indicaram que a concentração de sal foi o principal fator que influenciou na perda da água, na perda de peso e ganho de sólidos. A sua utilização aumenta as taxas de perda de água, porém em concentrações elevadas torna os frutos demasiadamente salgados. Os autores concluíram que o uso de uma solução osmótica com alta concentração de açúcar (70% m/m) e moderada concentração de sal (5% m/m) aumenta a eficiência do processo não comprometendo as características sensoriais dos frutos.

4.2.2 – Perda de Massa

Na Tabela 4.7 encontram-se os efeitos significativos e não significativos, os erros padrão, os coeficientes t e o grau de significância estatística (p) da temperatura, concentração de NaCl e tempo de secagem, sobre a Perda de Massa durante o processo de desidratação osmótica das fatias de berinjelas. Observa-se que a média dos ensaios, o efeito do fator linear (tempo) e variação entre concentração de NaCl (%) x tempo (min) ,em negrito, indicam que são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Os dados foram obtidos considerando o erro puro.

Tabela 4.7 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para a Perda de Massa das fatias de berinjela osmodesidratadas

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t(4)	Significância Estatística (p)
Média	5,324545	0,235280	22,63066	0,000023
Temperatura	1,467500	0,551781	2,65957	0,056416
Conc.de NaCl	1,157500	0,551781	2,09775	0,103917
Tempo	2,002500	0,551781	3,62916	0,022176
Temper. x Conc.	0,197500	0,551781	0,35793	0,738483
Temper. x Tempo	0,732500	0,551781	1,32752	0,255033
Conc.x Tempo	2,072500	0,551781	3,75602	0,019843

Verifica-se que o tempo foi a variável que influenciou significativamente na perda de massa das fatias de berinjela osmodesidratadas, isto é evidenciado quando se observam os valores do efeito estimado de cada fator linear avaliado, notando-se que o tempo apresenta valor absoluto maior, quando comparado com a variável temperatura e concentração de NaCl, 1,46 e 1,15, respectivamente. Constata-se também, que todas as variáveis de entrada, temperatura, concentração de NaCl e tempo apresentaram efeitos estimados positivos, ou seja, apresentam efeitos crescentes sobre a resposta quando passa de um nível -1 para um nível +1, isto implica dizer que, quanto maior a temperatura, concentração de NaCl e tempo, maior será a Perda de Massa. Com relação às interações temperatura (°C) x concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) x tempo (min), não foram significativas, pois apresentaram um $p > 0,05$.

SOUZA (2002) realizou a pré-desidratação de tomates em solução osmótica composta por 5% de cloreto de sódio e 35% de sacarose, a uma temperatura de secagem de 60 °C obtendo assim com esses valores os melhores resultados se comparados com outras proporções de solutos.

Na Figura 4.3 tem-se o diagrama de Pareto da perda de massa no qual se observa que o tempo foi o efeito que mais influenciou na perda de peso do produto tornado-se assim efeitos significativos a 95% de confiança ($p < 0,05$), fato este evidenciando pelo

valor absoluto da interação concentração de NaCl x tempo (3,75), seguido do segundo parâmetro (tempo) com valor absoluto igual a 3,62. Observa-se que as variáveis temperatura, concentração de NaCl e as interações temperatura x tempo e temperatura x Concentração de NaCl não foram significativas.

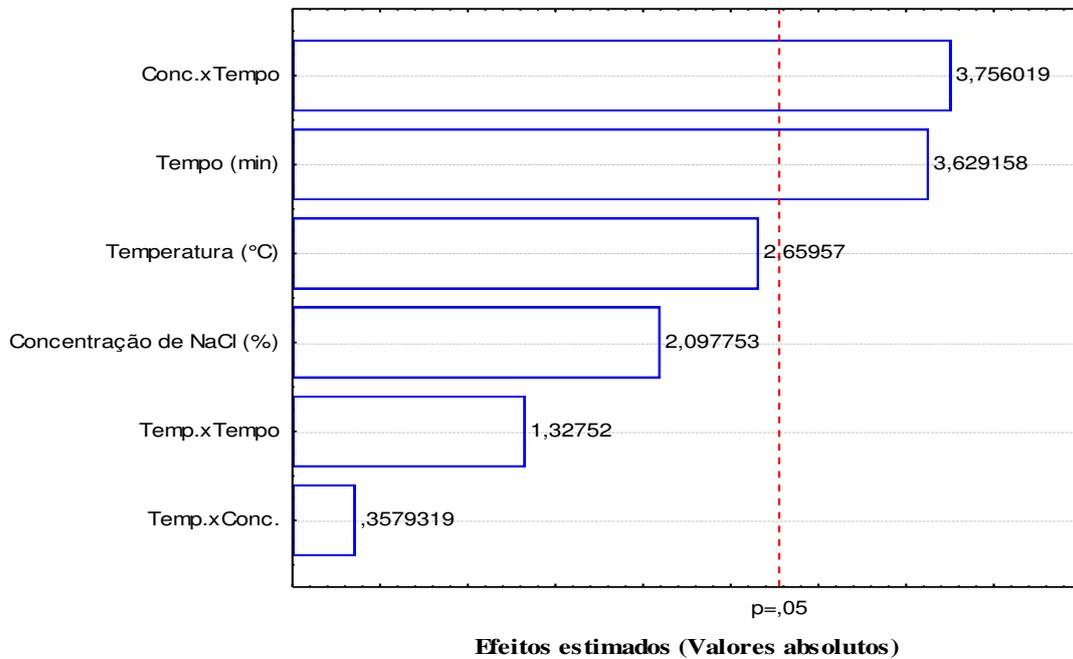


Figura 4.3 – Diagrama de Pareto para a Perda de Massa das fatias de berinjela

O modelo matemático de 1ª ordem para a perda de massa das fatias de berinjela osmodesidratadas está representado na Equação 4.2.

$$PM = 5,324545 + 0,733750T + 0,578750C + 1,001250t + 0,098750T.C + 0,366280T.t + 1,036250C.t. \quad (4.2)$$

em que:

PM : perda de massa, %;

T : temperatura, °C;

C : concentração de NaCl, %; e

t : tempo, min.

Nesta equação, que prediz a perda de massa, o efeito linear tempo e a interação concentração x tempo foram significativos, como também a média dos fatores estudados.

Analisando a Tabela 4.8 nota-se, para a regressão, que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao F_{tabelado} para o nível de 95% de confiança. Pode-se, afirmar que o modelo proposto para a perda de água foi significativo e preditivo. A falta de ajuste apresentou $F_{\text{calculado}}$ inferior ao F_{tabelado} , indicando não existir significância do modelo proposto para a perda de massa explicada por apresentar 91,04% da variação dos dados observados.

Tabela 4.8 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de massa das fatias de berinjelas

	S.Q	GL	M.Q	F_{calculado}	F_{tabelado}*
Regressão	24,7484	3	8,2495		4,07
Resíduo	2,4357	8	0,3045	27,0951	
Falta de Ajuste	0,609	5	0,1218		
Erro Puro	1,8267	3	0,6089	0,20	9,01
Total	27,18407				

$R^2 = 91,04\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$. SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

Na Figura 4.4 encontram-se as superfícies de resposta para perda de massa (PM), relacionando: (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjelas. Analisando a Figura 4.4 (a) observa-se que o maior valor encontrado para perda de umidade (9,30) foi encontrado na maior temperatura e maior concentração de NaCl, enquanto que a menor quantidade de perda de massa (3,56) foi encontrada na menor temperatura e na maior concentração de NaCl. Ao se analisar a Figura 4.4 (c) verifica-se a maior perda de água na amostra com maior concentração de NaCl (9%) e em menor tempo (120 min) e a menor perda de água encontrou-se na solução ternária com maior concentração de NaCl (9%) e menor tempo (120 min). Assim, verifica-se que o tempo foi um fator que influenciou significativamente.

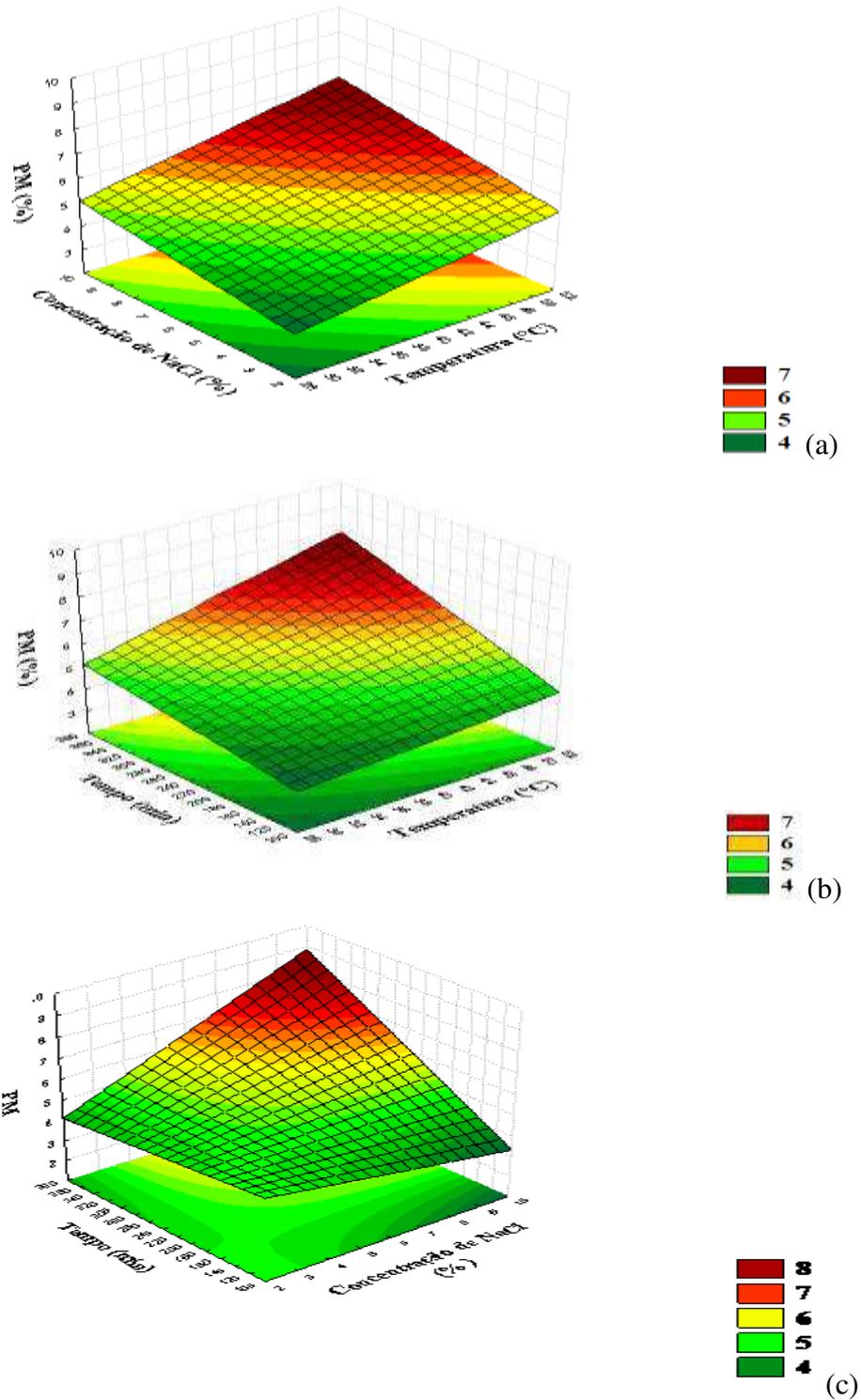


Figura 4.4 - Superfícies de resposta para a perda de massa (PM): (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjelas.

PINHEIRO et al. (2014), ao trabalharem com a aplicação de desidratação osmótica, como pré tratamento para obtenção de chips de berinjela, observaram que a

desidratação osmótica mostrou-se uma técnica eficiente com redução de massa do alimento de 45 a 60%, na faixa experimental analisada, justificando sua aplicação onde foi possível obter um modelo confiável e com solidez para a incorporação de sólidos solúveis em função da concentração e temperatura da solução concentrada; segundo os autores a otimização para a mínima incorporação foi realizada, resultando em uma temperatura de 36,45 °C e concentração da solução 46,45 °Brix. Além disso, a análise absoluta da perda de massa indicou perda máxima em condição de 32,91 °C e 42,91 °Brix.

4.2.3 – Ganho de sólidos

Na Tabela 4.9, encontram-se os efeitos significativos e não significativos, erro padrão, coeficientes *t* e o grau de significância estatística (*p*) da temperatura, concentração de NaCl e tempo de secagem sobre o ganho de sólidos, durante o processo de desidratação osmótica das fatias de berinjelas. Observa-se que a média dos ensaios, os efeitos dos fatores lineares (temperatura e tempo) se encontram em negrito, indicando que são significativos ao nível 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Tabela 4.9 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para Ganho de sólidos das fatias de berinjela osmodesidratadas.

Fatores	Efeito Estimado	Erro Padrão	t(4)	Significância Estatística (p)
Média	24,25455	0,822481	29,48949	0,000008
Temperatura	6,60250	1,928889	3,42296	0,026708
Conc. de NaCl	-2,44750	1,928889	-1,26887	0,273301
Tempo	7,31250	1,928889	3,79104	0,019252
Temper. x Conc. de NaCl	-0,55250	1,928889	-0,28643	0,788769
Temper. x Tempo	2,32750	1,928889	1,20665	0,294046
Conc. de NaCl x Tempo	-3,49250	1,928889	-1,81063	0,144442

As interações temperatura (°C) x concentração de NaCl (%), temperatura (°C) x tempo (min) e concentração de NaCl (%) x tempo (min) não foram significativas a 95%

de confiança ($p \leq 0,05$), resultado que pode ser observado na Figura 4.5. Nota-se que o tempo e a temperatura foram as variáveis que mais influenciaram no ganho de sólidos das fatias osmodesidratadas, fato evidenciado quando se observa os valores do efeito estimado de cada fator linear avaliado; nota-se que o tempo foi maior quando comparado com a variável temperatura, 7,31 e 6,60, respectivamente.

Constata-se também que as variáveis de entrada, temperatura e tempo, apresentaram efeito estimado positivo, ou seja, apresenta efeito crescente sobre a resposta quando passa de um nível -1 para um nível +1, ou seja, quanto maior a temperatura e o tempo maior será o ganho de sólidos. Já a variável de entrada concentração de NaCl apresenta efeito estimado negativo, apresentando efeito decrescente sobre a resposta, indicando que aumentos na concentração de NaCl na desidratação acarretam redução no ganho de sólidos. Com relação às interações temperatura ($^{\circ}\text{C}$) x concentração de NaCl (%), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) x tempo (min); concentração de NaCl (%) x tempo (min) não foram significativas, apresentaram um $p > 0,05$.

O ganho em sólidos, no processo de desidratação é indesejável, pois pode conferir alterações nas propriedades sensoriais do produto. Durante a desidratação osmótica é essencial que sejam alcançadas altas taxas de remoção de água, dependendo da aplicação do produto final, deseja-se também, minimizar a incorporação de solutos (MERCALI et al., 2010). No caso da berinjela, se ela for utilizada para a produção de alimentos funcionais, é essencial que haja uma baixa incorporação de sais e açúcares, para a manutenção das características nutricionais e sensoriais da hortaliça “*in natura*”. Porém, se a berinjela for utilizada na fabricação de doces e geléias, a incorporação de açúcares é desejável, visto que esse componente será adicionado ao longo do processo de obtenção do produto final. No caso da utilização da berinjela para farinha, chips, pastas e conservas, a incorporação de grande quantidade de sais também se torna indesejável em alimentos funcionais (PINHEIRO et al., 2014). Assim, a escolha das melhores condições de processo para a desidratação osmótica depende da aplicação que será dada ao produto.

A Figura 4.5 mostra o comportamento para cada fator no modelo real, com seus respectivos valores absolutos. Percebe-se que o efeito linear (concentração de NaCl) e suas interações não foram significativos a nível 95% de confiança, o que se visualiza pelo diagrama de Pareto. Pode-se observar também que o tempo foi o efeito que mais conferiu ganho de sólidos ao produto. O sinal negativo nos fatores concentração x

tempo, concentração de NaCl e temperatura x concentração, representa um efeito decrescente destes fatores no ganho de sólidos, significando tendência de diminuição no ganho de sólidos com a diminuição do tempo de desidratação. NIETO et al. (2004) constataram o aumento do GS, no decorrer do tempo, durante a desidratação osmótica de maçã, e significativas perdas de água e perda de massa foram obtidas no estágio inicial do processo.

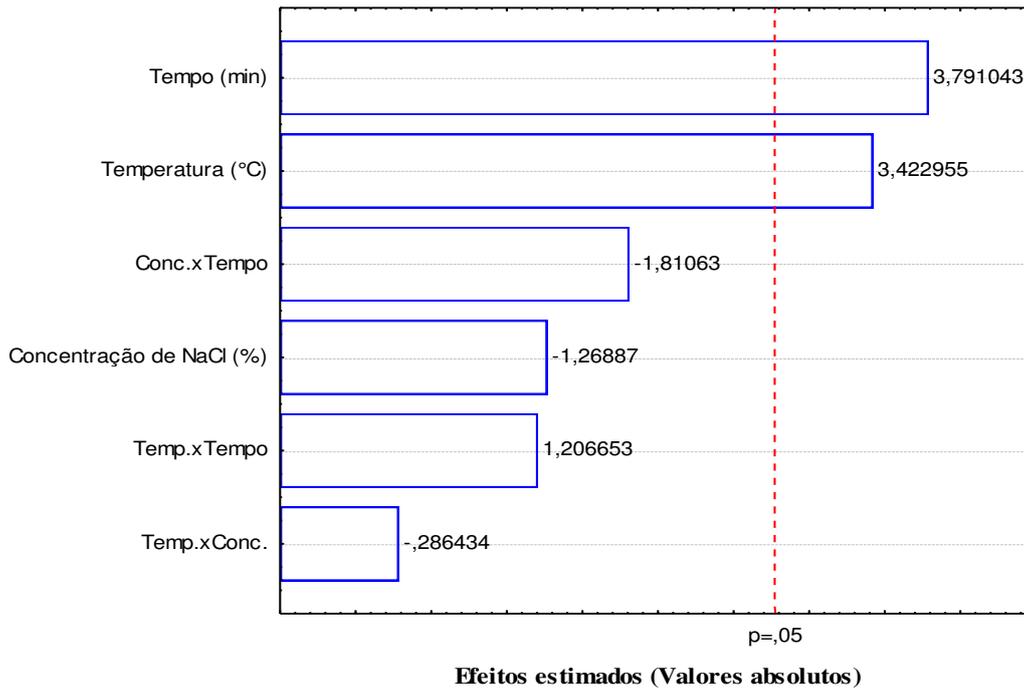


Figura 4.5 – Diagrama de Pareto para o ganho de sólidos das fatias de berinjela.

Eliminando os fatores não-significativos, concentração de NaCl e nas interações temperatura (°C) x concentração de NaCl (%); temperatura (°C) x Tempo (min) e concentração de NaCl (%) x tempo (min) e considerando os dados obtidos do ganho de sólidos das fatias de berinjela osmodesidratadas, propôs-se o modelo de 1ª ordem (Equação 4.3) desses dados experimentais, em função da média da temperatura e do tempo de desidratação, os quais se apresentam em negrito e foram significativos a 95% de confiança.

$$GS = \mathbf{24,254550} + \mathbf{3,301250T} - 1,223750 C + \mathbf{3,656250t} - 0,276250T.C + 1,163750T.t. - 1,746250 C.t. \quad (4.3)$$

em que:

GS : Ganho de sólidos, %;

T : temperatura, °C;

C : concentração de NaCl, %; e

t : tempo, min.

A Tabela 4.10 contém os resultados da análise de variância (ANOVA) do ajuste do modelo de 1ª ordem para o ganho de sólidos das fatias de berinjela osmodesidratadas. Observa-se para a regressão, que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao F_{tabelado} , indicando que o modelo proposto para o ganho de sólidos foi significativo e preditivo. A falta de ajuste apresentou $F_{\text{calculado}}$ inferior ao F_{tabelado} , portanto a não significância do modelo explicado pelo 89,05% da variação dos dados observados.

ERNESTO (2013), ao estudar o processo de desidratação osmótica à pressão atmosférica, com uso de pulso de vácuo de fatias de abóbora, usando uma solução composta de cloreto de sódio e sacarose como agente osmótico, por meio de planejamento fatorial, avaliou que o modelo linear para o ganho de sólidos não foi significativo a 95% de confiança.

Tabela 4.10 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para ganho de sólidos das fatias de berinjelas

	S.Q	GL	M.Q	$F_{\text{calculado}}$	F_{tabelado}^*
Regressão	241,9520	3	80,6506		4,07
Resíduo	29,7649	8	3,7206	21,67	
Falta de Ajuste	7,4413	5	1,4882		9,01
Erro Puro	22,3236	3	7,4412	0,20	
Total	271,7169	10			

$R^2 = 89,05\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$. SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

Na Figura 4.6, encontram-se ilustradas as superfícies de resposta para o ganho de sólidos (GS), relacionando: (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjelas. Pela análise das imagens constata-se que o maior valor encontrado para o

ganho de sólidos (35,52) foi encontrado na maior temperatura e menor concentração de NaCl, enquanto que a menor quantidade de ganho de sólidos (17,56) foi encontrada na menor temperatura e na menor concentração de NaCl. Ainda analisando-se a Figura 4.6 (b) observa-se que o maior valor encontrado para ganho de sólidos (35,52) ocorreu na maior temperatura e maior tempo, e o menor ganho de sólidos (17,56) foi encontrado na menor temperatura e em menor tempo. Quando analisa-se a Figura 4.6 (c) obtêm-se o maior ganho de sólidos em maior concentração de NaCl (9%) e em maior tempo (360 min) e o menor ganho de sólidos foi relatado para a solução ternária com menor concentração de NaCl (3%) e menor tempo (120 min). Assim, verifica-se que o tempo e a temperatura foram os fatores que influenciaram significativamente no processo. Ao contrário SUTAR e GUPTA (2007) observaram, durante a desidratação osmótica de cebolas em soluções de NaCl, que a incorporação de sólidos nas cebolas aumentou com o crescente aumento da concentração da solução osmótica (5 a 20%) em temperaturas constantes de processo. De acordo com os autores, isto era esperado porque o potencial osmótico tanto da água quanto dos sólidos aumenta com o aumento da concentração de sal na solução osmótica.

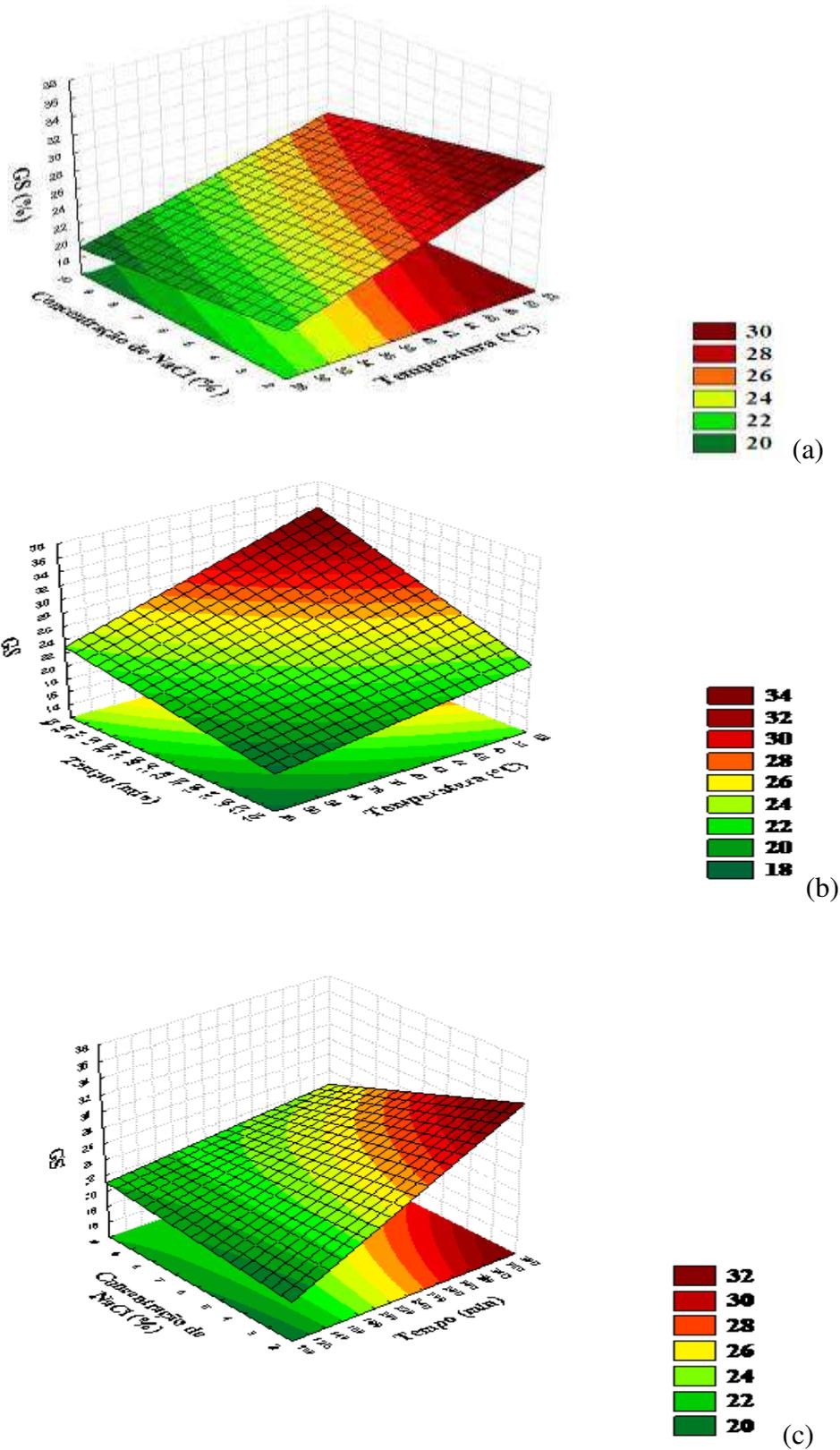


Figura 4.6 - Superfícies de resposta para o ganho de sólidos (GS): (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjelas.

4.2.4 - Índice de eficiência da desidratação (IED)

Na Tabela 4.11 estão apresentados os valores dos efeitos estimados, erros padrão, o coeficiente *t* e grau de significância estatística (*p*) cada fator no modelo real, para o parâmetro índice de eficiência da desidratação (IED), durante o processo de desidratação osmótica das fatias de berinjela. Analisando a significância estatística (*p*), constata-se que a média foi significativa ao nível 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Também o efeito estimado da concentração de NaCl e a interação concentração de NaCl (%) x tempo (min) foram estatisticamente significativos a 95% de confiança, em virtude de apresentarem $p < 0,05$. Analisando os efeitos, pode-se afirmar que o fator concentração de NaCl foi o parâmetro que mais influenciou no índice de eficiência da desidratação (IED).

Tabela 4.11 - Efeito estimado, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística, para cada fator no modelo real para IED das fatias de berinjela osmodesidratada

Fatores	Efeito	Erro	t(4)	Significância
	Estimado	Padrão		Estatística (p)
Média	1,221727	0,007608	160,5881	0,000000
Temperatura	0,001000	0,017842	0,0560	0,957992
Conc. de NaCl	0,055500	0,017842	3,1106	0,035849
Tempo	0,025500	0,017842	1,4292	0,226152
Temper.x Conc. de NaCl	-0,001000	0,017842	-0,0560	0,677094
Temper.x Tempo	0,008000	0,017842	0,4484	0,677094
Conc. de NaCl x Tempo	0,109500	0,017842	6,1372	0,003573

Verifica-se na Figura 4.7, o diagrama de Pareto, que demonstra o comportamento dos fatores com relação ao índice de eficiência da desidratação (IED) das fatias de berinjela osmodesidratadas. A interação concentração x tempo foi o fator que mais influenciou seguida da concentração de NaCl. A interação concentração x tempo e a concentração de NaCl apresentam sinal positivo, ou seja, quanto maior for este fator, maior será o índice de eficiência da desidratação, da mesma forma os

parâmetros tempo, temperatura e as duas outras interações analisadas, acarretando efeito crescente.

PÊ (2014), a otimizar a desidratação osmótica de mamão com diferentes índices da concentração de sacarose (°Brix) e tempo de imersão distintos, observou que a influência de tempo de imersão e da concentração de sacarose (°Brix) sobre a variável de resposta índice de eficiência da desidratação (IED) obteve maiores valores referentes no ponto central (nível 0) para a concentração de 50 °Brix e tempo de imersão de 4 horas obtendo assim um valor bem superior a 69,65% onde a concentração de °Brix influenciou no IED.

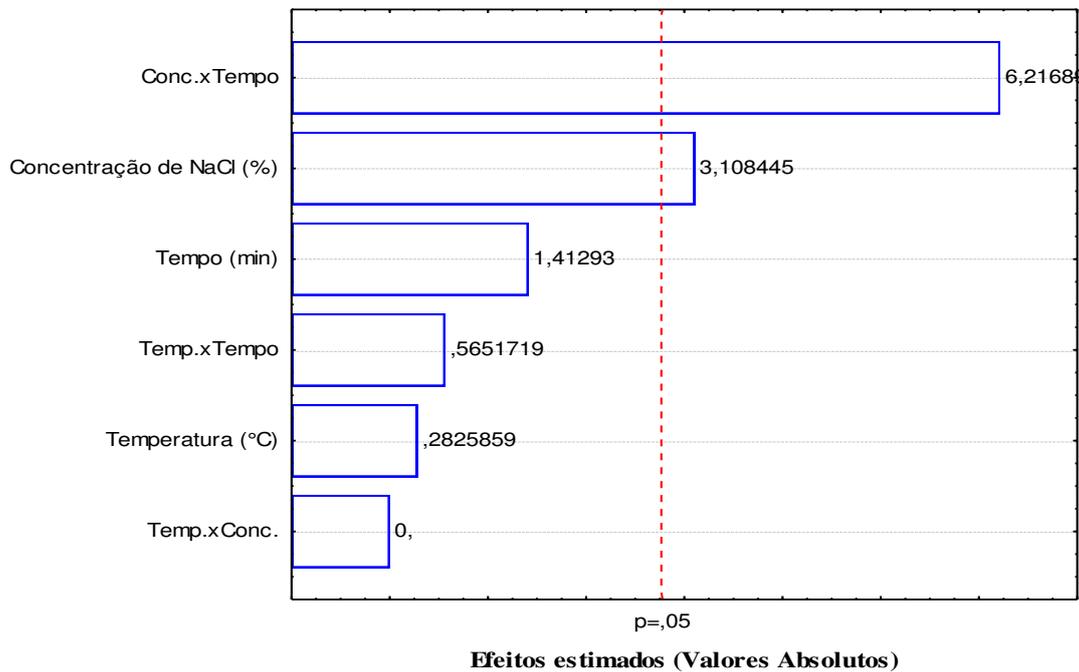


Figura 4.7– Diagrama de Pareto do IED das fatias de berinjela osmodesidratadas

O modelo estatístico, que representa a relação entre a variável temperatura, concentração de NaCl e o tempo, para estimar o índice de eficiência da desidratação (IED), é apresentado na Equação (4.4). Os dados experimentais, em função da média e do tempo de desidratação, os quais se apresentam em negrito, foram significativos a 95% de confiança.

$$\text{IED} = \mathbf{1,221727} + 0,000500T + \mathbf{0,027750C} + 0,012750t - 0,00500T.C + 0,000400T.t. + \mathbf{0,054750C.t.} \quad (4.4)$$

em que:

IED : Índice de eficiência da desidratação;

T : temperatura, °C;

C: concentração de NaCl,%; e

t : tempo, min.

Na Tabela 4.12 apresenta-se a ANOVA, observando-se que o modelo apresentou regressão significativa a 95% de confiança, visto que o valor do $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o valor do F_{tabelado} ; assim de acordo com o teste F, o modelo linear do índice de eficiência da desidratação (IED) foi estatisticamente significativo e preditivo, fato que pode ser explicado também pelo coeficiente de determinação (R^2) igual a 92,54%, ou seja, evidenciando-se que o modelo explicou 92,54% da variação dos dados experimentais. A falta de ajuste, por sua vez, apresentou $F_{\text{calculado}}$ inferior ao F_{tabelado} , indicando que o modelo proposto para o índice de eficiência da desidratação (IED) não foi significativo.

ARAÚJO et al. (2010), ao otimizarem a desidratação osmótica de jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*) concluíram que, comparando as respostas do parâmetro índice de eficiência da desidratação (IED) com os demais parâmetros, como perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e perda de massa (PM), observaram que os coeficientes de regressão foram insignificante e por ter obtido os coeficientes lineares maiores, a perda de água (PA) foi considerada um parâmetro importante para avaliar a desidratação osmótica.

Tabela 4.12 - Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para IED das fatias de berinjelas.

	S.Q	GL	M.Q	Fcalculado	Ftabelado*
Regressão	0,030142	3	0,0105	33,05	4,07
Resíduo	0,002547	8	0,0003		
Falta de Ajuste	0,000636	5	0,00012	0,20	9,01
Erro Puro	0,001911	3	0,0006		
Total	0,034120	10			

$R^2 = 92,54\%$; *Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$. SQ - soma quadrática, GL - grau de liberdade, MQ - média quadrática

Na Figura 4.8 estão ilustradas as superfícies de resposta para o índice de eficiência da desidratação (IED), relacionando: (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjelas. Analisando esta figura, observa-se que o maior valor encontrado para o índice de eficiência da desidratação (1,33) foi encontrado na maior temperatura e maior concentração de NaCl, enquanto que o menor índice de eficiência da desidratação (1,15) foi encontrado tanto na maior temperatura (50 °C) quanto na menor temperatura (30 °C) e na menor concentração de NaCl (3%). Quando analisa-se a Figura 4.8 (b) constata-se que o maior valor encontrado para índice de eficiência da desidratação (1,33) apresentou-se na maior temperatura e maior tempo, e os menores valores do índice de eficiência da desidratação (1,15) foram encontrados na menor e na maior temperatura e em maior tempo. Ao analisar a Figura 4.8 (c) verifica-se que o maior índice de eficiência da desidratação foi na maior concentração de NaCl (9%) e com maior tempo (360 min) e o menor índice de eficiência da desidratação encontrou-se na solução ternária com menor concentração de NaCl (3%) e maior tempo (120 min). Assim, verifica-se que a concentração de NaCl foi o fator que influenciou significativamente no processo.

MERCALI et al. (2010), ao modelarem a cinética da difusão de água e de solutos para determinação da difusividade mássica efetiva da água, da sacarose e de NaCl, baseado na solução analítica da Segunda Lei de Fick, durante a desidratação osmótica de bananas (*Musa sapientum, shum.*) em diferentes concentrações de soluções ternárias de sacarose/NaCl/água e em diferentes temperaturas de processo, através de um planejamento experimental, obtiveram a maior eficiência de desidratação, com um índice de 0,60, este resultado evidencia a grande influência da temperatura sobre a transferência de massa durante a desidratação osmótica da banana. na menor temperatura estudada de 25 °C e com concentração de sacarose e de NaCl nos níveis centrais 45 e 5%, respectivamente,

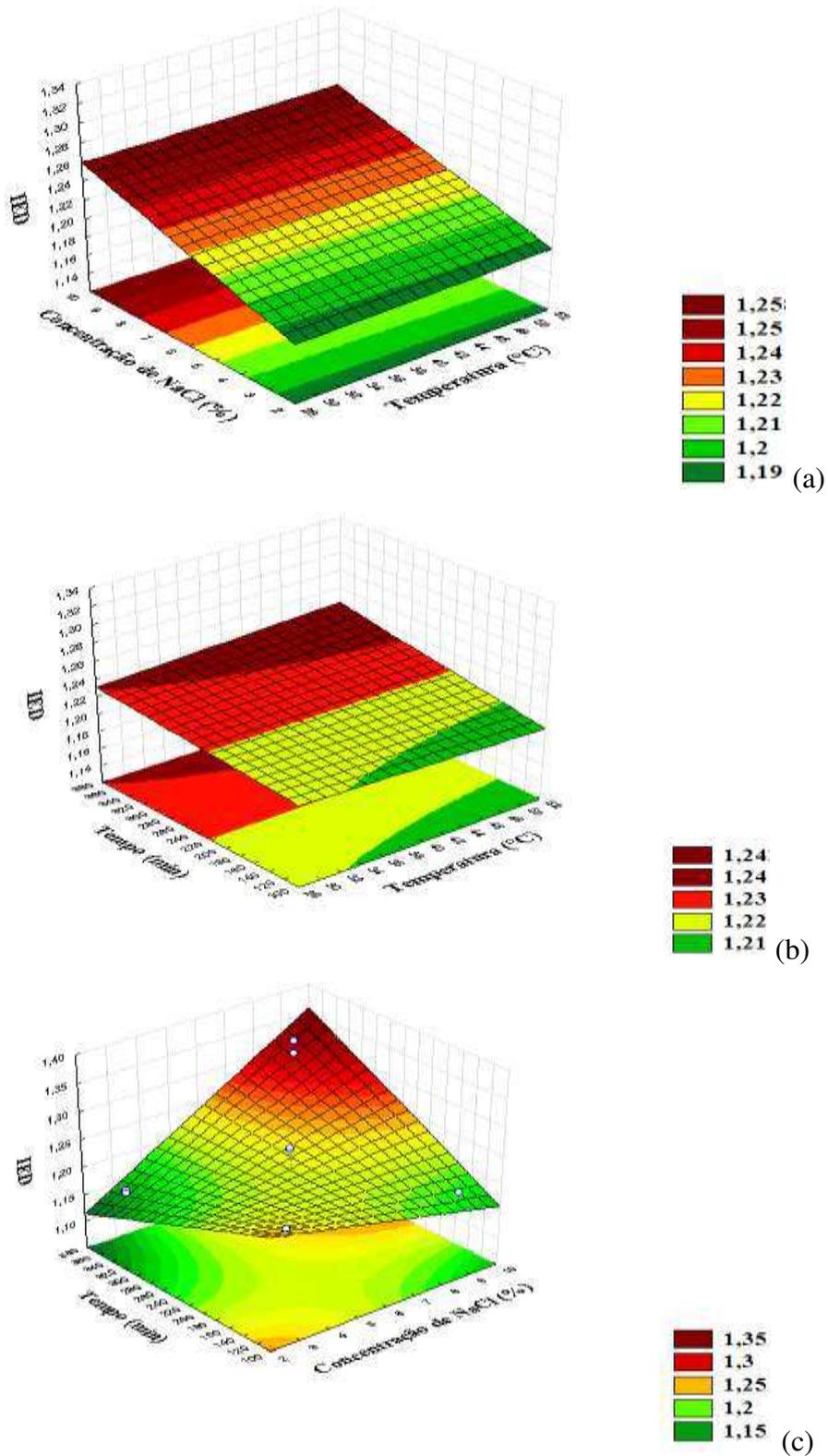


Figura 4.8 - Superfícies de resposta para o Índice de eficiência da desidratação (IED) (a) temperatura x concentração (240 min); (b) temperatura x tempo (6% de NaCl); (c) concentração x tempo (40 °C) nas fatias de berinjelas

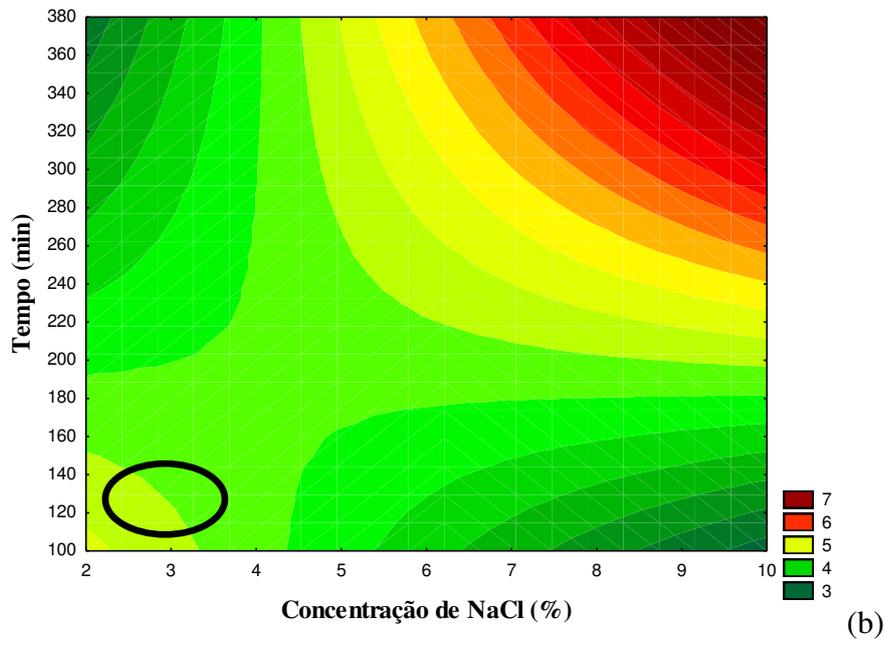
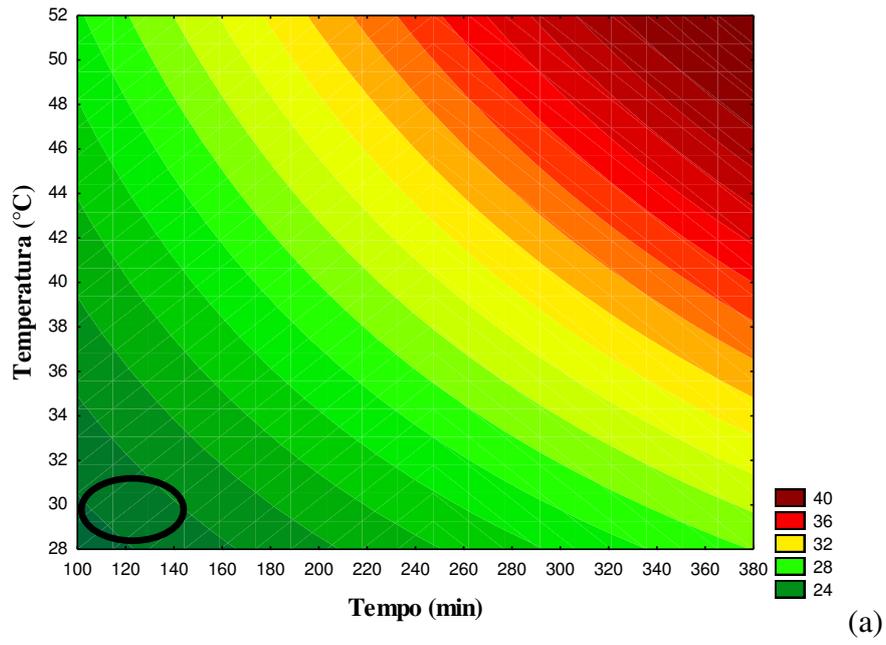
Para FERNANDES (2012), estudando a obtenção de “chips” de berinjela (*solanum elongata* L.), mediante processo combinado de desidratação osmótica em solução ternária e secagem convectiva, obtiveram que a condição ideal para obtenção de berinjela seca em forma de “chips” foi determinada pela razão máxima de GSac/GSódio, uma vez que em todos os ensaios, os valores de perda de água foram similares e bastante elevados.

4.2.5 - Otimização do processo

A Figura 4.9 ilustra a curva de contorno para a perda de água (a), perda de massa (b), ganho de sólidos (c) e índice de eficiência na desidratação osmótica (d) na região otimizada do planejamento fatorial. Com base nos estudos dos efeitos da desidratação osmótica com solução ternária (água/NaCl/açúcar), sobre fatias de berinjela, procedeu-se à escolha das condições de processo adequadas, com o objetivo de se obter um produto levemente processado, com maior vida de prateleira e com valor mínimo de ganho de sólidos, porém obtendo assim um produto com menos NaCl e menos açúcar.

De acordo com o planejamento experimental fatorial $2^3 + 3$ no ponto central, verificou-se que os fatores que mais influenciaram na desidratação osmótica da berinjela foram a temperatura e o tempo, para um menor ganho de sólidos, sendo assim o menor tempo foi um fator primordial para um menor ganho de sólidos; neste caso a quantidade de sólidos viria a interferir na qualidade organoléptica do produto final, ou seja, na conserva.

A região otimizada está demarcada com um círculo na Figura 4.9, em relação às respostas perda de água (a), perda de massa (b), ganho de sólidos (c) e índice de eficiência na desidratação osmótica (d), podendo definir a melhor condição de processo: concentração da solução osmótica de NaCl (3%), temperatura de processo (30 °C) e tempo de imersão de (120 min).



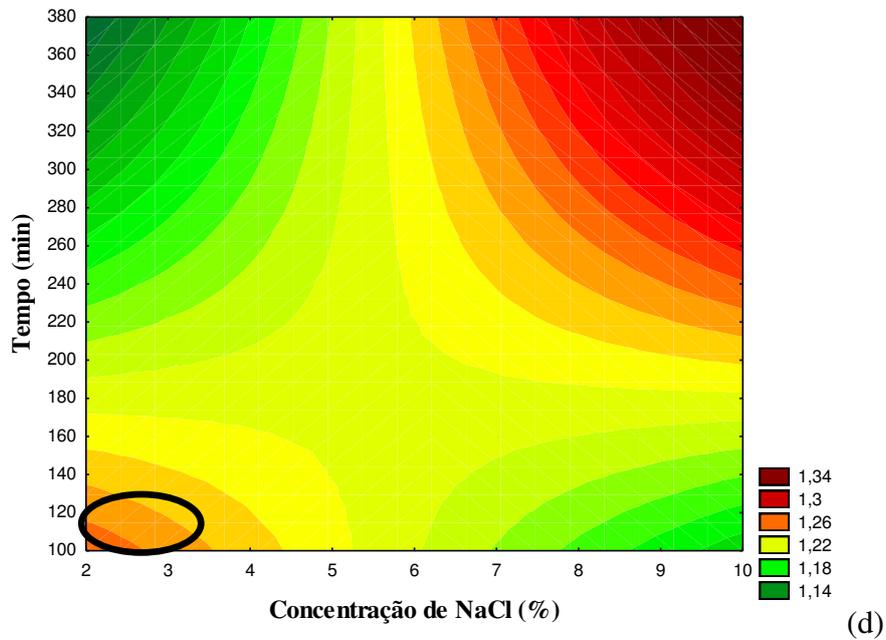
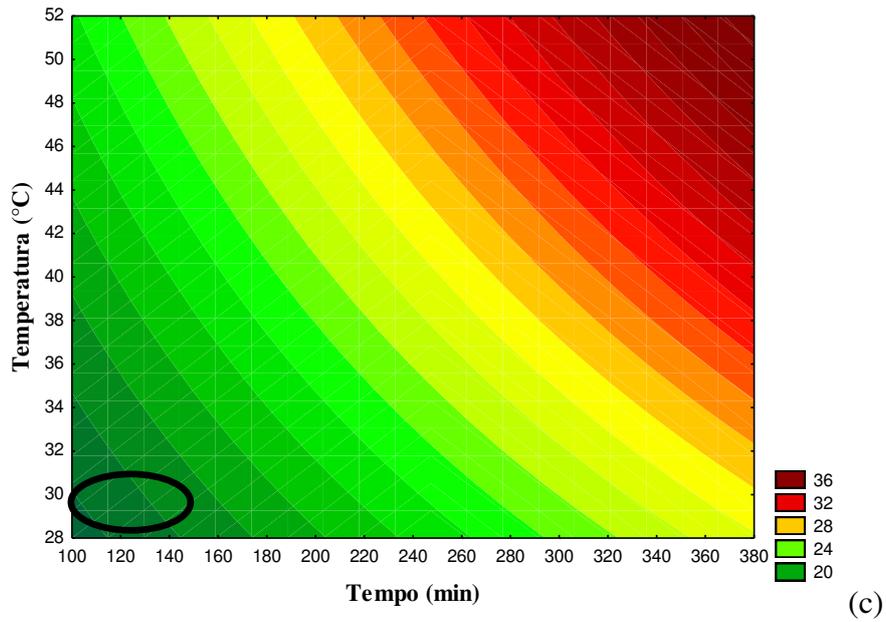


Figura 4.9 – Curva de contorno para a perda de água (a), perda de massa (b), ganho de sólidos (c) e índice de eficiência de desidratação (d) na região otimizada do planejamento fatorial nas fatias de berinjelas

4.3 - Secagem convectiva

Após a caracterização da condição otimizada das fatias de berinjela osmodesidratadas foram determinadas suas curvas de cinética de secagem em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) com velocidade do ar de secagem de 1,2 m/s.

4.3.1 – Cinética de secagem

Na Figura 4.10 estão apresentadas as curvas de secagem (razão de teor de água em função do tempo de secagem) das fatias de berinjela nas temperaturas de secagem de 50, 60 e 70 °C. Foi possível verificar que a quantidade de perda do teor de água foi similar para as temperaturas de 60 e 70 °C até os 300 minutos, prosseguindo assim, uma secagem mais rápida na temperatura de 70 °C até o final do processo.

MOURA (2004), secando convectivamente rodelas de yacon pré-tratadas com solução de sorbitol a 30 °Brix verificou que o tempo de secagem convectiva foi menor para as fatias pré-tratadas osmoticamente do que as amostras in natura. Observou-se também que a secagem na temperatura de 70 °C retirou um maior teor de água, aproximadamente 3,7 kg água/ kgi.m.s. (quilograma de água por quilograma de massa seca inicial) e as temperaturas de 50 e 60 °C retiraram respectivamente 2,8 e 3,0 kg água/ kg.m.s; com relação ao tempo de secagem a temperatura de 70 °C retirou mais água em menor tempo, enquanto as temperaturas de 50 e 60 °C alcançaram a tendência ao equilíbrio em um maior tempo com menor teor de água retirada.

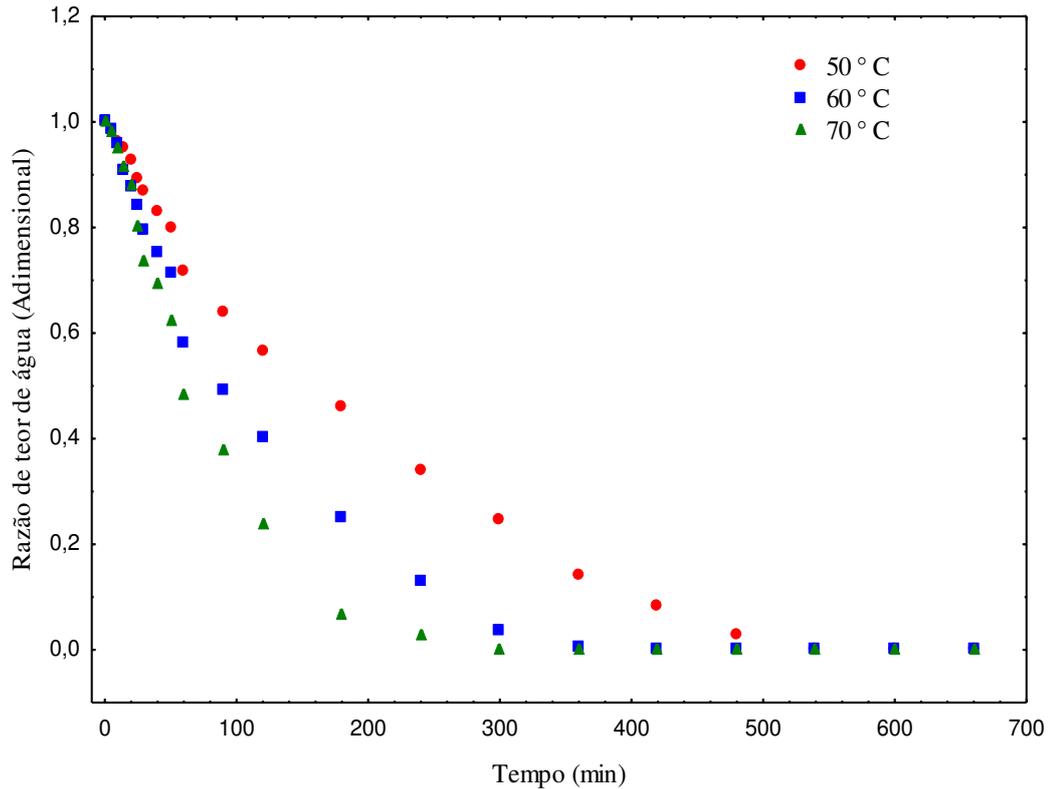


Figura 4.10 – Curvas de secagem das fatias de berinjelas nas diferentes temperaturas de secagem

4.3.2 – Modelos matemáticos

Na Tabela 4.13 são apresentados os valores estimados dos parâmetros dos modelos de Page, Henderson e Pabis, Lewis, Midilli e Cavalcanti Mata para as secagens das fatias de berinjela, bem como os coeficientes de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM). Os modelos utilizados representaram bem o processo de secagem devido aos coeficientes de determinações serem superiores a 0,9 e desvio quadrático médio inferior a 0,11.

Os coeficientes da equação de Page se encontram na Tabela 4.13, percebe-se que todas as curvas apresentam coeficientes de determinação maiores que 0,994 e DQM menores que 0,0013. Este modelo se ajusta bem os dados da cinética de secagem, isso pode ser comprovado verificando-se tanto as curvas como o coeficiente de determinação (R^2). Para o parâmetro “k” observa-se valores que variam de 0,0030 a 0,004 a variação ocorreu através do aumento da concentração dos agentes desidratantes

(sacarose e sal) e da elevação de temperatura, já o parâmetro “n” os valores encontra-se entre 1,09 a 1,26.

SANTOS et al. (2010) ajustaram o modelo de Page, modelo de Herdeson e Pabis, e o modelo Exponencial à cinética de secagem da carambola. Esses autores verificaram que, em termos de coeficiente de determinação, todos os modelos ajustados representam bem a cinética de secagem da carambola, com R^2 superior a 0,96 em todos os casos. Entretanto, quando se considerou a estimativa de erros, observou-se que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem da carambola, apresentando maior valor de R^2 e menor erro médio relativo.

TSUDA et al. (2014) relataram que o modelo de Page apresentou melhor ajuste aos dados experimentais com (R^2) superior a 0,996. Resultado semelhante foi observado por REIS et al. (2011) ao ajustarem os modelos de Page, Lewis, Midilli et al., Henderson e Pabis aos dados de secagem de pimenta cumari utilizando-se temperaturas mais baixas como: 45, 55 e 65 °C, encontraram, para os modelos citados, valores de R^2 maiores que 0,99, verificando que o modelo de Page proporcionou valores de R^2 acima de 0,99 e Erro Médio Estimado (SE) $\leq 0,012$.

Os coeficientes da equação de Henderson e Pabis apresentam coeficientes de determinação superiores a 0,99 e DQM inferiores a 0,0014. Este modelo se ajusta satisfatoriamente aos dados da cinética de secagem de berinjela nas condições desse estudo. Para o parâmetro “A” observa-se que ocorreu um aumento à medida que se aumenta a temperatura, caso parecido ocorreu para o parâmetro “K”, verificando-se maiores valores com o aumento da temperatura.

MADUREIRA et al. (2011), ao ajustarem o modelo de Henderson e Pabis aos dados da cinética de secagem da polpa do figo-da-índia, nas temperaturas de 60 e 70 °C encontraram valores de R^2 maiores que 0,99.

ALEXANDRE et al. (2013) estudando a secagem do resíduo de abacaxi enriquecido, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e com velocidade do ar de secagem variando de 0,8 a 1,3m.s⁻¹, encontraram, para o modelo de Henderson e Pabis, R^2 maiores que 0,99 para todas as temperaturas de secagem.

Na Tabela 4.13, Verifica-se que o parâmetro k do modelo Lewis, aumenta com o aumento da temperatura de secagem. Esse modelo com três parâmetros foi o que resultou nos melhores ajustes, apresentando os maiores R^2 e menores valores de DQM, em todas as temperaturas, enquanto o modelo de Cavalcanti Mata, com seis parâmetros,

apresentou DQM inferior aos outros modelos, determinando assim o modelo de Cavalcanti Mata como o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais.

Segundo CORRÊA et al. (2010), o parâmetro k tende a aumentar já que maiores temperaturas acarretam maiores taxas de secagem chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo.

Os valores de k e n para o modelo de Midilli diminuíram e aumentaram com o aumento da temperatura, respectivamente. Os valores de a são superiores a 1, chegando a um valor máximo de até 1,137991; os valores de k foram muito baixos, próximos a 0; n , entre 0,950794 e 1,219980, R^2 0,997; DQM inferior a 0,000003 e c , diminuiu com o aumento da temperatura, apresentando sinais negativos em todas as temperaturas. PINHEIRO et al. (2014), em seus estudos de secagem de fatias de berinjela em estufa, concluíram que o melhor ajuste de cinética deu-se para o modelo Midilli e o ponto ótimo da operação de secagem em estufa, foi encontrada para uma temperatura de 70 °C e 180 minutos de duração do processo.

LAHSASNI et al. (2002), testando os modelos de Page, Henderson e Pabis e Midilli, verificaram que o modelo que melhor se ajustou às curvas de secagem do figo-da-índia foi o de Midilli com R^2 igual a 0,9996.

Os coeficientes da equação de Cavalcanti Mata apresentam coeficientes de determinação superiores a 0,99 e DQM inferiores a 0,000004. Assim o modelo matemático se ajusta muito bem aos dados experimentais. Para os parâmetros não foi verificado um comportamento padrão ou uma tendência definida.

Com o modelo de Cavalcanti Mata, GOUVEIA et al. (2011) obtiveram R^2 maiores que 0,99, ao ajustarem este modelo à curva de secagem do feijão preto desidratado em secador de bandeja nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C.

Concluiu-se, no estudo da cinética de secagem de berinjela com as diferentes formulações propostas nesta pesquisa, que todos os modelos testados podem ser utilizados para representar o processo de secagem desses produtos, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,2. Porém dentre os modelos testados os melhores foram os de Lewis, Midilli e Cavalcanti Mata, que apresentaram os maiores valores de R^2 e os menores desvios quadráticos médios (DQM).

Tabela 4.13 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de secagem para as diferentes temperaturas avaliadas em fatias de berinjela

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetro					R^2	DQM	
		K	n						
Page	50	0,003048		1,093778			0,994	0,0013	
	60	0,004756		1,111786			0,996	0,0004	
	70	0,003506		1,266184			0,997	0,0003	
Henderson & Pabis	Temp.	A		K			R^2	DQM	
	50	1,018030		0,005140			0,993	0,0014	
	60	1,031152		0,008396			0,995	0,0011	
	70	1,065479		0,011949			0,992	0,0013	
Lewis	Temp.	a		K	c		R^2	DQM	
	50	1,101000		0,004080	-0,100447		0,997	0,0000001	
	60	1,069251		0,007478	-0,049129		0,997	0,000001	
	70	1,094026		0,011053	-0,036505		0,994	0,000001	
Midilli	Temp.	a	K	n	c		R^2	DQM	
	50	1,137991	0,005133	0,950794	-0,128085		0,997	0,000003	
	60	1,056263	0,006684	1,025495	-0,041356		0,997	0,000001	
	70	1,019138	0,004335	1,219980	-0,004597		0,997	0,000002	
Cavalcanti Mata	Temp	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	R^2	DQM
	50	0,569857	0,005176	0,948923	0,569856	0,948923	-0,12942	0,997	0,000004
	60	0,528046	0,006677	1,025764	0,528046	1,025764	-0,04122	0,997	0,000001
	70	0,509589	0,004339	1,219880	0,509589	1,219880	-0,00453	0,997	0,000003

Na Figura 4.11, encontram-se representadas as curvas da cinética de secagem das fatias de berinjela, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C ajustadas pelo modelo de Page, na qual se observa que a temperatura teve grande influência sobre a secagem das amostras, com as curvas em posições paralelas umas às outras, havendo, no entanto, diferenças ao tempo final de secagem. Na temperatura de 50 °C a razão de teor de água tornou-se constante em 680 minutos; a 60 °C, em 480 minutos; e a 70 °C, em 320 minutos, indicando aumento da velocidade de secagem com o aumento da temperatura, resultados parecidos aos obtidos por outros autores como CHAVES et al. (2003), ao avaliarem a secagem de fatias de berinjela nas temperaturas de 50, 70 e 90 °C, LIMA et al. (2007), ao determinarem a cinética de secagem em camada fina de três tipos de polpa de facheiro nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em estufa com circulação forçada de ar.

TSUDA et al. (2014), ao analisarem a secagem convectiva de fatias de berinjela utilizando os modelos empíricos de cinética de secagem ajustados, concluíram que melhor se adequou aos dados experimentais foi o modelo de Page.

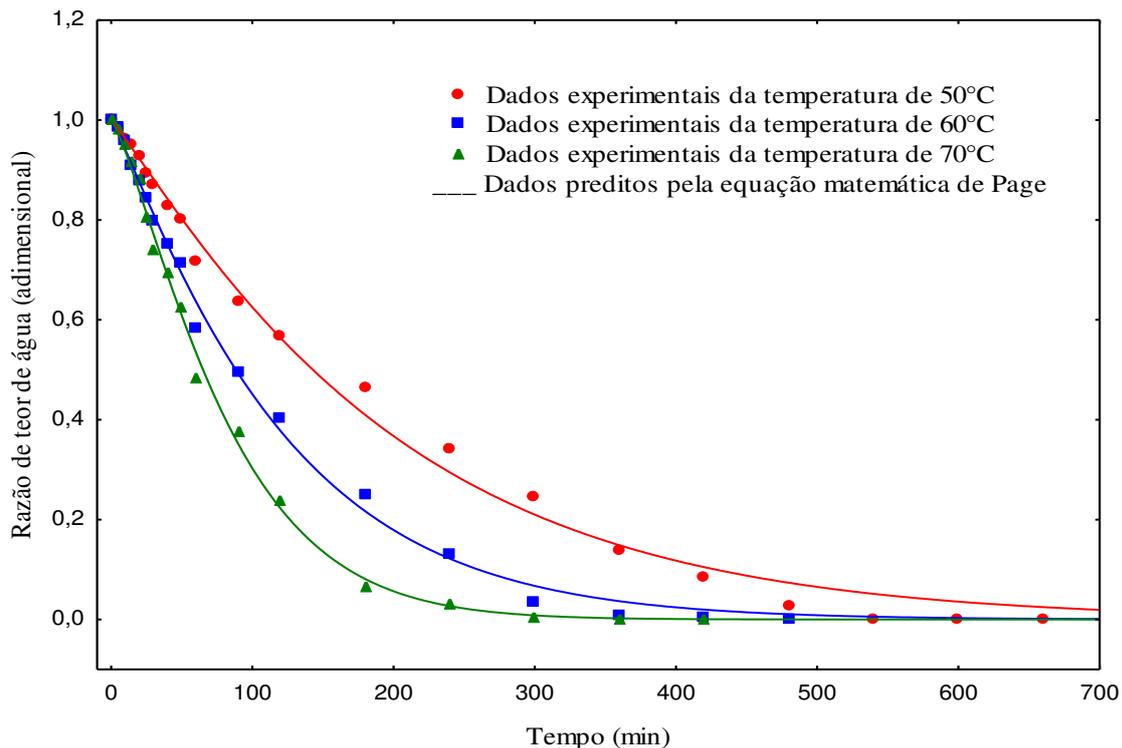


Figura 4.11 - Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Page

Na Figura 4.12, apresentam-se as curvas da cinética de secagem para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C ajustadas pelo modelo de Henderson & Pabis. Observa-se que as curvas ajustadas estão mais próximas aos dados experimentais no início da secagem e nas temperaturas mais elevadas 60 e 70 °C as perdas de água ocorre mais rapidamente o início da secagem.

MACHADO et al. (2012) avaliaram o efeito da secagem na qualidade do abacaxi sob diferentes temperaturas e observaram que para todas as temperaturas, a razão do teor de água reduziu rapidamente no início e, posteriormente, diminuiu lentamente à medida que se aumentava o tempo de secagem; observou-se também que o tempo de secagem depende da temperatura, sendo menor para maiores temperaturas, exceto para a temperatura de 55 °C que apresentou menor tempo de secagem quando comparado às temperaturas de 60 e 65 °C.

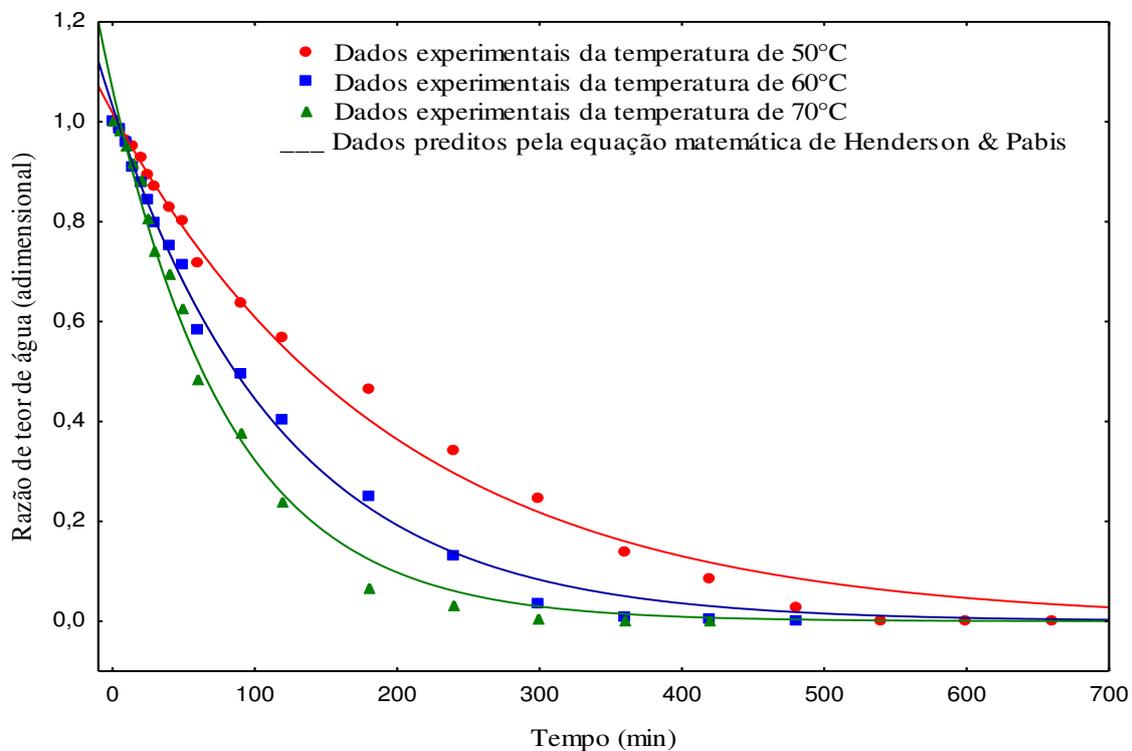


Figura 4.12 - Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Henderson & Pabis

A Figura 4.13 contém as curvas da cinética de secagem para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C ajustadas pelo modelo Lewis. Para todas as temperaturas, a razão do teor de água reduziu rapidamente no início e, posteriormente, diminuiu lentamente à medida que se aumentava o tempo de secagem. Observou-se que o tempo de secagem depende da temperatura, sendo menor para maiores temperaturas, já na temperatura de 50 °C que

apresentou maior tempo de secagem quando comparado às temperaturas de 60 e 70 °C. COSTA et al. (2015) ajustaram modelos matemáticos ao processo de secagem dos frutos de crambee observaram que em diversas condições de ar, o modelo de Lewis se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais de secagem, para todas as temperaturas e parâmetros analisados.

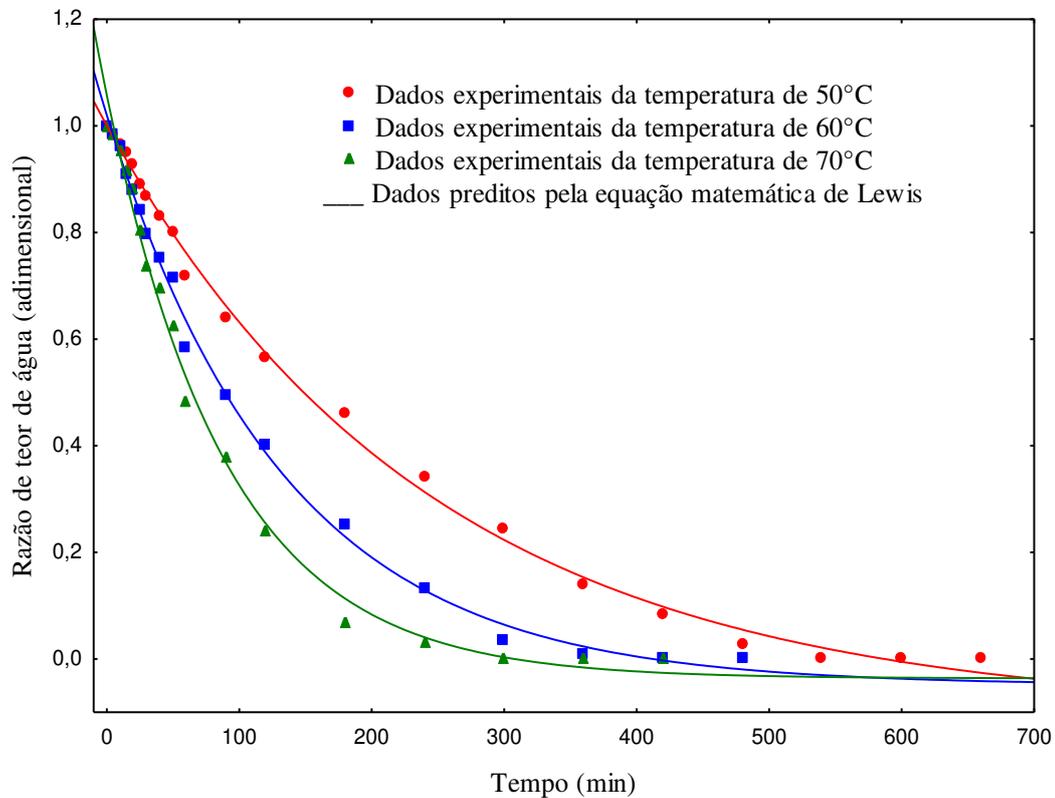


Figura 4.13 - Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Lewis

Na Figura 4.14 encontram-se as curvas da cinética de secagem para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C ajustadas pelo modelo de Midilli. Nota-se que, com o aumento da temperatura do ar de secagem, ocorre maior taxa de remoção de água do produto, evidenciando o aumento da taxa e diminuição do tempo de secagem. Resultado bem parecido ocorreu com REIS et al. (2011), ao trabalharem com modelagem matemática na secagem da pimenta Cumari do Pará, onde determinaram as curvas e o tempo de secagem nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C, encontrando excelentes ajustes ajustou-se aos dados experimentais o modelo matemático de secagem proposto por Midilli.

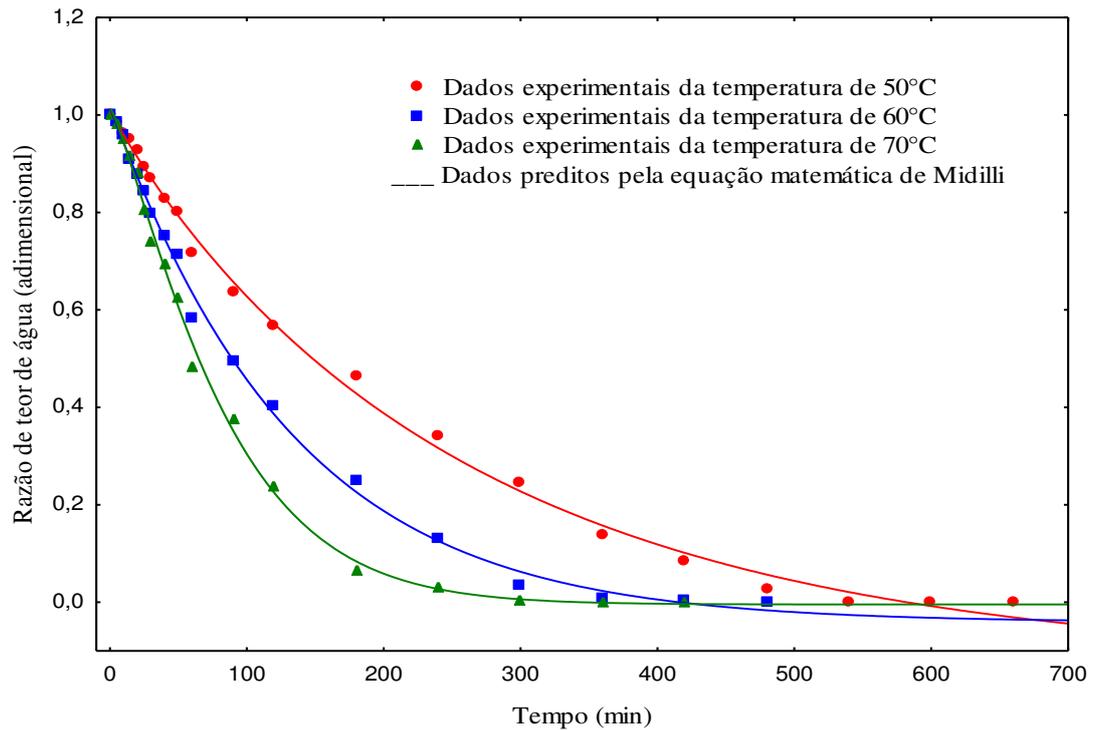


Figura 4.14 - Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Midilli

Na Figura 4.15 encontram-se os ajustes do modelo de Cavalcanti Mata aos dados experimentais da razão do teor de água em função do tempo de secagem. Em quase todas as curvas percebe-se comportamento análogo, ou seja, estas são influenciadas pela temperatura, com redução gradativa nos tempos de secagem pela utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem, com maior perda de água no início do processo. A máxima eliminação de água (ponto de equilíbrio) ocorreu em 300, 580 e 700 min para as temperaturas respectivas 70, 60 e 50 °C, sendo menores em temperaturas mais elevadas.. Com o modelo de Cavalcanti Mata, MELO et al. (2008) também consideraram este como melhor modelo na estimativa de curvas de secagem da uva cv. Crympson, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, encontrando R^2 menor que 0,9.

AMARAL (2014), ao desidratar a polpa de Biribá por liofilização percebeu que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Cavalcanti Mata apresentando DQM de 0 e R^2 de 99,66%.

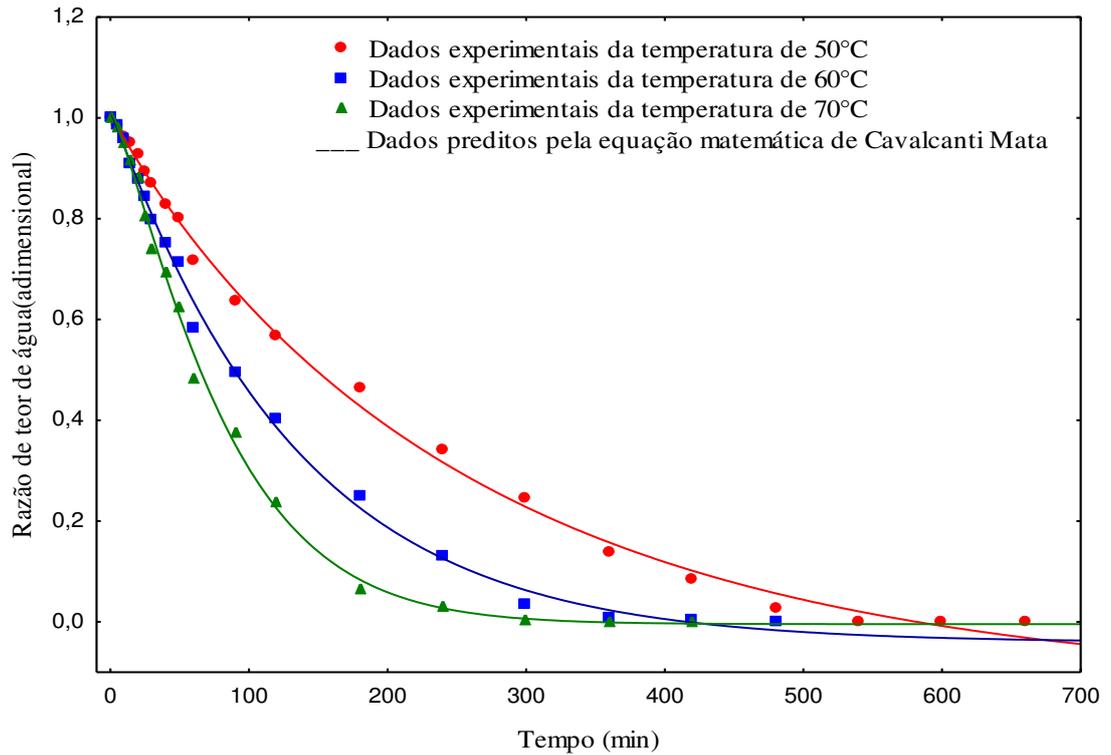


Figura 4.15 - Curvas de secagem das fatias de berinjela nas diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo Cavalcanti Mata

4.3.3 – Modelagem difusional de Fick

O modelo de Fick foi aplicado para estimar a difusividade efetiva (Def) das fatias de berinjela osmodesidratadas, considerando-se a geometria do produto como uma placa plana infinita e adotando 4 termos da série. O ajuste usando a equação de Fick para as amostras, sem considerar o encolhimento, é mostrado na Figura 4.16.

Os valores da difusividade efetiva de água, o DQM e os respectivos coeficientes de determinação (R^2) das amostras estão apresentados na Tabela 4.14. Verifica-se que com o aumento da temperatura entre 50 e 70 °C a difusividade efetiva aumentou. Segundo GALDINO (2012) a migração do teor de água do interior do alimento para a superfície depende das condições internas, como a natureza estrutural do material e a quantidade de teor de água do produto.

Tabela 4.14 - Valores da difusividade efetiva de água nas diferentes temperaturas de secagem das fatias de berinjelas osmodesidratada com seus respectivos DQM e coeficientes de determinação

Temperatura (°C)	Def (m ² /s)	R ² (%)	DQM
50	1,47242 x 10 ⁻⁷	94,29	0,005483
60	2,29294x 10 ⁻⁷	94,44	0,005263
70	3,08654x 10 ⁻⁷	92,83	0,005553

Na Figura 4.17, verificam-se as curvas ajustadas com o modelo de Fick sem considerar o encolhimento, para as temperaturas utilizadas neste trabalho. Os coeficientes de determinação foram superiores a 90% em todas as temperaturas. Observa-se que o modelo de Fick com quatro termos não apresentou um bom ajuste e não deveria ser usado para descrever o comportamento da secagem de fatias de berinjelas osmodesidratadas nas condições estudadas. Tentou-se utilizar mais termos da série, porém não houve melhoria no ajuste. Talvez devesse ser introduzido a parcela referente ao encolhimento do produto para se conseguir melhor aproximação.

Percebe-se porém, pela análise da Tabela 4.14 que a difusividade, Def, apresentou o resultado esperado, ou seja, aumenta com o aumento da temperatura de secagem, chegando a dobrar o seu valor na temperatura de 70 °C em relação a de 50 °C.

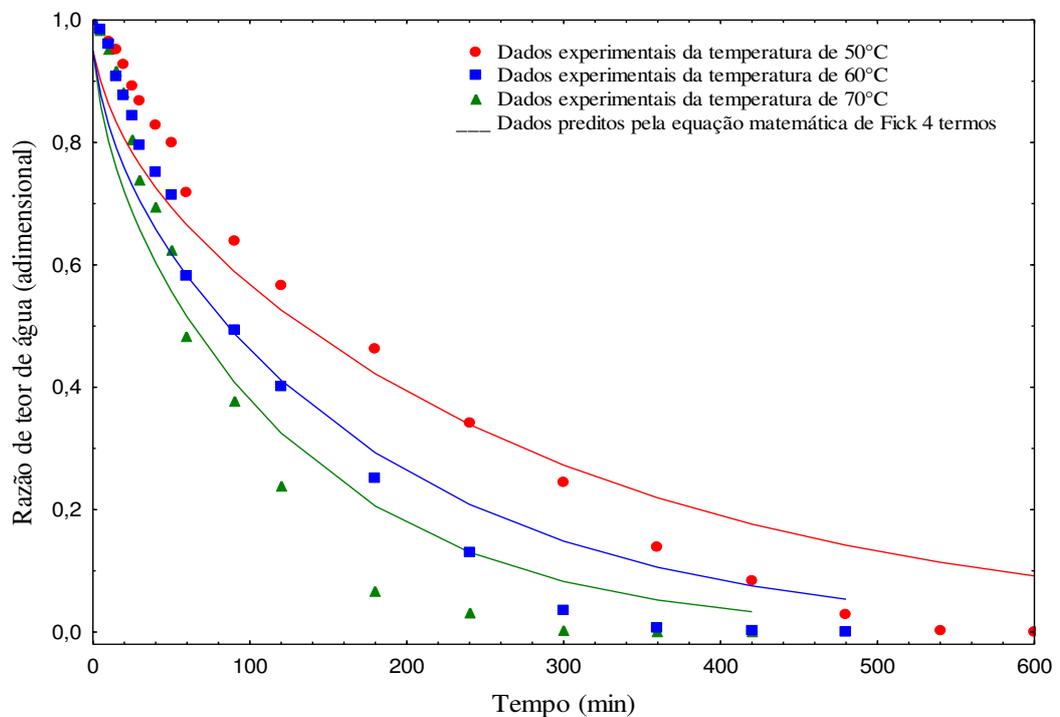


Figura 4.16 - Ajuste ao modelo de Fick sem considerar o encolhimento nas diferentes temperaturas de secagem nas fatias de berinjela osmodesidratada

4.4 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Na Figura 4.17, estão apresentadas as micrografias eletrônicas de varredura de berinjelas secas sem desidratação e desidratadas osmoticamente em soluções ternárias (água/açúcar/NaCl) em concentração de 3% de NaCl, para observação de possíveis diferenças morfológicas

Para os tratamentos com concentrações de 3% de NaCl, apresentados na Figura 4.17 (D, E e F), pode-se verificar uma maior destruição das estruturas celulares, bem como uma maior desorganização das células, resultado do colapso, devido à concentrações de NaCl. Neste tratamento existe uma maior transferência de massa da hortaliça para a solução hipertônica. À medida que a água livre presente na fatia de berinjela, vai sendo retirada, uma intensa plasmólise do citoplasma ocorre e conseqüentemente um maior colapso nos tecidos celulares.

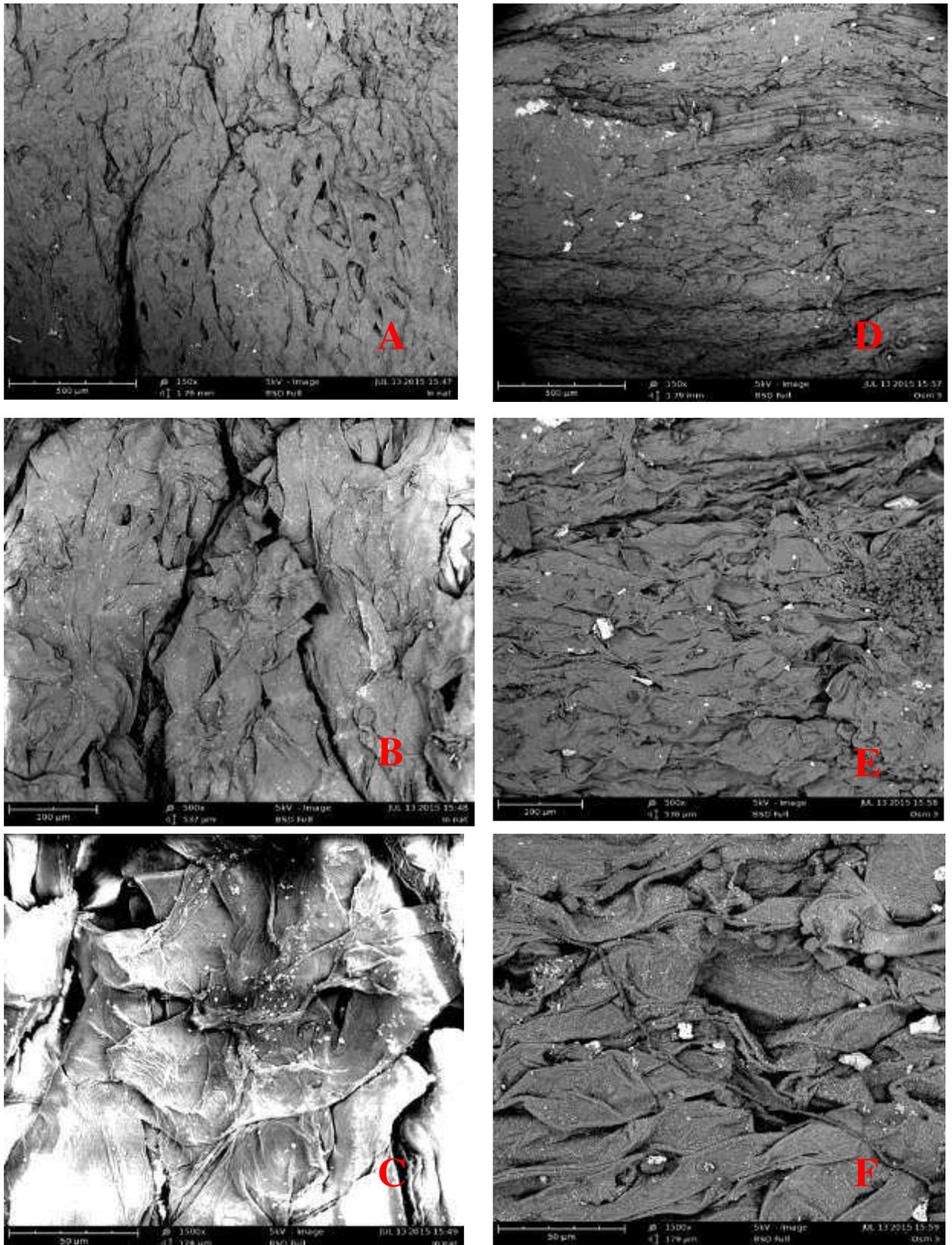


Figura 4.17 - Microscopia óptica de fatias de berinjelas secas a 70 °C com aumento de 100 (A), 500x (B) e 1500x (C) e desidratadas osmoticamente em soluções ternárias (água/açúcar/NaCl) em concentração de 3% de NaCl com aumento de 100 (D), 500x (E) e 1500x (F)

4.5 – Avaliação química, física e físico-química da conserva de berinjela

Nas Tabelas D.1 a D.10 (Apêndice D) se encontram as análises de variância das dos valores referentes as caracterizações químicas, físicas e físico-químicas, como: teor de água, atividade de água (a_w), sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), cinzas, sólidos totais, acidez total titulável, pH, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*), da conserva de berinjela com diferentes condimentos. Constatou-se que houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F para as análises de atividade de água (a_w), sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), cinzas, acidez total titulável, pH, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) e não ocorreu efeito significativo para a análise de teor de água e sólidos totais nas amostras de conservas de berinjelas em diferentes condimentos.

Os resultados obtidos na análise das características químicas, físicas e físico-químicas da conserva de berinjela, com diferentes condimentos, estão apresentados na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 – Valores médios da análise química, física e físico-química da conserva de berinjela com diferentes condimentos

Variáveis	Amostras de conserva				
	Berinjela e azeite	Berinjela, azeite e orégano	Berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim	Berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim	DMS
Teor de água (%)	75,42 ± 0,01a	73,14 ± 0,01a	70,46 ± 0,02a	69,50 ± 0,01a	15,29
a_w	0,975 ± 0,002a	0,960 ± 0,003b	0,971 ± 0,001a	0,976 ± 0,001a	0,004
Sólidos solúveis totais ($^{\circ}$Brix)	7,58 ± 0,00d	9,91 ± 0,29a	8,21 ± 0,12c	9,01 ± 0,12b	0,43
Cinzas (%)	9,45 ± 0,01d	11,47 ± 0,01b	10,32 ± 0,07c	15,23 ± 0,001a	0,05
Sólidos totais	24,57 ± 0,01a	26,85 ± 0,02a	29,56 ± 0,01a	30,50 ± 0,03a	15,28
Acidez total titulável (%)	0,19 ± 0,01b	0,92 ± 0,03a	0,27 ± 0,04b	0,19 ± 0,01b	0,081
pH	4,25 ± 0,23a	3,14 ± 0,13b	4,47 ± 0,11a	4,23 ± 0,19a	0,44
L^*	39,16 ± 0,82b	37,94 ± 0,31bc	43,01 ± 0,90a	37,16 ± 0,20c	1,66
+a^*	4,76 ± 0,21bc	6,68 ± 0,03a	5,07 ± 0,13b	4,60 ± 0,20c	0,42
+b^*	18,20 ± 0,64b	26,28 ± 0,56a	25,88 ± 2,43a	20,14 ± 0,12b	3,36

Médias seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Verifica-se pela Tabela 4.15 que os valores médios do teor de água das amostras de conservas de berinjelas não apresentaram diferença significativa entre as amostras. Todas as amostras de conserva de berinjela apresentaram teor de água entre 69,50 e 75,42%. Estes valores médios foram menores que o valor encontrado por ARAÚJO et al. (2014), ao trabalharem com salada em conserva, encontrando valor médio de 81,16 de teor de água. MONTEIRO et al. (2002) obtiveram, em pesquisas com conserva da parte basal e do coração do palmito, teores de água na ordem de 88%.

A atividade de água (a_w) das amostras de berinjela, com diferentes condimentos, variou de 0,960 a 0,976 com o menor valor medido para amostra da conserva de berinjela osmodesidratada com azeite e orégano, sendo estatisticamente diferente em relação as demais amostras.

Observa-se que houve diferença significativa entre os valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) para as amostras de conservas de berinjelas com diferentes condimentos, onde apresentaram teores de sólidos solúveis totais variando de 7,58 a 9,91.

Os teores de cinzas variaram de 2,08% para a amostra de conserva com berinjela e azeite até 15,23% na amostra de conserva de berinjela osmodesidratada, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim; as médias de todas as amostras de conserva de berinjela diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando o teor de cinzas obtido na conserva, conclui-se que os produtos elaborados nesta pesquisa podem ser considerados como boa fonte de minerais, estando os teores acima dos encontrados por SALGADO et al. (2005) no feijão de praia maduro (3,56%). O aumento da fração cinza em conserva é devido, provavelmente, à adição de cloreto de sódio usado na salmoura durante o processo de desidratação osmótica. Além disto, é possível que os minerais presentes naturalmente na água utilizada na preparação da salmoura também possam ter influenciado no aumento desta fração ARAÚJO et al. (2012).

Entre os valores médios dos sólidos totais das amostras de conservas de berinjelas com diferentes condimentos não houve diferenças significativas, os valores médios dos sólidos totais variaram entre 24,57 a 30.

Os valores da acidez total titulável das amostras de conservas de berinjelas com diferentes condimentos só apresentaram diferenças significativas para a amostra de berinjela osmodesidratada, azeite e orégano; para as demais amostras, os valores médios variaram entre 0,19 a 0,92%. FERNANDES e SILVA (2013), ao caracterizarem físico-quimicamente conserva vegetal obtida através do método de conservação artesanal obtiveram valores de acidez e pH entre 1,8 e 1,4 e de 3,5 a 4,5, respectivamente. As análises físico-químicas

mostraram estar de acordo com as leis vigentes para esse tipo de produto. Esse processo de conserva surge como uma grande alternativa para a minimização de perdas de estoque de berinjelas, pois pode evitar a perda de matéria prima e agregar valor ao produto.

O pH médio das amostras de conservas de berinjela variou de 3,14 a 4,47, verificando-se uma oscilação do mesmo com a mudança de condimentos. Não é possível relacionar variações no pH entre as amostras com diferentes condimentos, mas a amostra de conserva com berinjela, azeite e orégano apresentou pH estatisticamente menor do que todas as outras amostras. Esta faixa ácida evita a proliferação de microrganismos maléficos à saúde humana (ROMEO et al., 2012). Um valor de pH abaixo de 4.5 é especialmente importante, porque este é o pH limitante para conter o crescimento de *Clostridium botulinum* nos alimentos (RAHMAN, 2007).

Os valores médios de L* mostram que as amostras de conservas de berinjelas possuem luminosidade menor que a amostra de conserva de berinjela osmodesidratada, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim, denotando escurecimento nas amostras de conserva de berinjela e azeite; na conserva de berinjela, azeite e orégano e na conserva de berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim, o qual pode ser percebido visualmente.

Observa-se que os valores de +a* (intensidade de vermelho) revelam deslocamento na cor das amostras de conservas de berinjela para o vermelho em relação aos condimentos utilizados. Entre as amostras com diferentes condimentos se observam diferenças estatisticamente significativas nos valores de +a*.

Para os valores médios da intensidade de amarelo +b* observa-se tendência de aumento entre as amostras de conservas em diferentes condimentos. Nas amostras II e III, foram observadas diferenças significativas em relação às amostras de conserva de berinjela e azeite e conserva de berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim; Também houve diferença estatística de +b* entre as amostras.

4.6 - Qualidade microbiológica das conservas de berinjelas com diferentes condimentos

Na Tabela 4.16 são apresentados os resultados das determinações microbiológicas das conservas de berinjelas com diferentes condimentos. De acordo com as análises microbiológicas, todas as amostras de conserva de berinjela com diferentes condimentos avaliadas encontram-se adequadas para o consumo, verificou-se que as amostras apresentaram contagens inferiores às máximas estipuladas pela RDC n° 12 (BRASIL, 2001), para os microrganismos analisados, estando em conformidade com as condições higiênico-sanitárias

estabelecidas pela legislação. As conservas de berinjela foram produzidas de acordo com as boas práticas de fabricação.

Tabela 4.16 – Resultados da análise microbiológica das conservas de berinjelas com diferentes condimentos

Amostras de conserva	Parâmetros					
	Coliformes 35 °C (NMP/g)	Coliformes Termotolerantes (NMP/g)	<i>S. áureos</i> (UFC/g)	Mesófilos (UFC/g)	Bolores e Leveduras (UFC/g)	<i>Salmonella</i> sp.
Berinjela com azeite	< 3,0	< 3,0	< 1 x 10 ¹	< 1 x 10 ¹	< 1 x 10 ¹	Ausência
Berinjela, azeite e orégano	< 3,0	< 3,0	< 1 x 10 ¹	< 1 x 10 ¹	< 1 x 10 ¹	Ausência
Berinjela com azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim	< 3,0	< 3,0	< 1 x 10 ¹	< 1 x 10 ¹	< 1 x 10 ¹	Ausência
Berinjela com azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim	< 3,0	< 3,0	< 1 x 10 ¹	< 1 x 10 ¹	< 1 x 10 ¹	Ausência

4.7-Avaliação sensorial

A conserva de berinjela osmodesidratada e azeite; berinjela osmodesidratada, azeite e orégano; berinjela osmodesidratada, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim e berinjela osmodesidratada, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim foram submetidos à avaliação sensorial conforme descrito a seguir.

4.7.1. - Caracterização dos consumidores por gênero

Os resultados da caracterização da equipe de provadores com relação ao gênero estão apresentados na Figura 4.18.

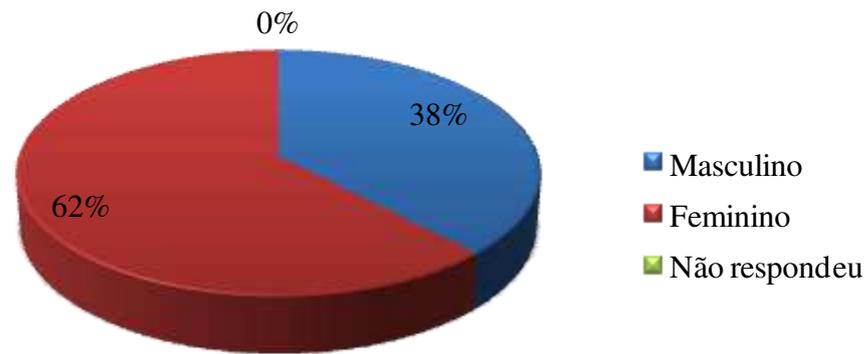


Figura 4.18 – Provedores por sexo

De acordo com a Figura 4.18, houve predominância de provedores do gênero feminino com 62% dos provedores.

4.7.2 - Caracterização dos provedores por grau de escolaridade

Na Figura 4.19, estão apresentadas as distribuições de provedores por grau de escolaridade.

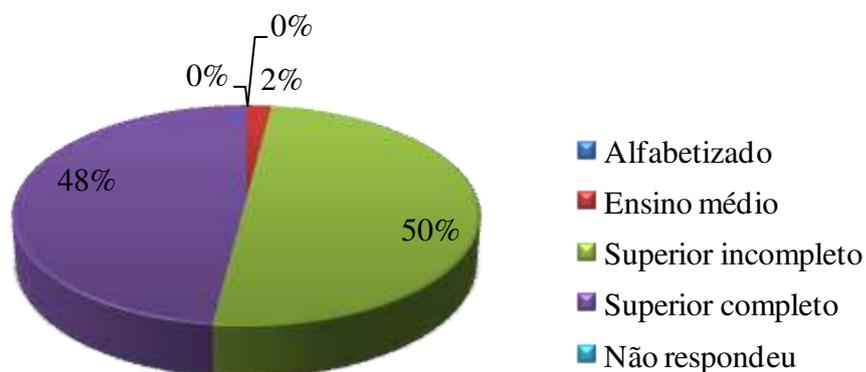


Figura 4.19 – Distribuição dos provedores por escolaridade

Observa-se na Figura 4.20, que houve predominância para o nível superior de escolaridade dos provadores por grau de escolaridade, uma vez que o experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

4.7.3 - Caracterização dos provadores por idade

Na Figura 4.20 estão demonstrados os dados de frequência de faixa etária. Como mostra a Figura 16, pode-se observar que 60% dos provadores se situam na faixa etária de 18 a 25 anos, que condiz com a faixa etária dos alunos de graduação, enquanto 26% estão na faixa entre 26 e 35 anos, 10% na faixa entre 36 e 45 anos, 10% na faixa entre 36 e 45 anos, portanto adultos jovens.

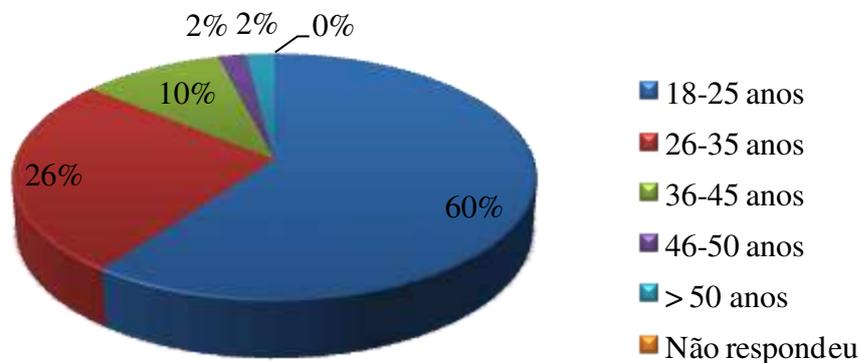


Figura 4.20 – Distribuição dos provadores por idade

4.7.4 - Avaliação da aceitação

Nas Tabelas E.1 a E.6 (Apêndice E) se encontram as análises de variância das médias da avaliação de aceitação da equipe de provadores em relação à aparência, aroma, cor, sabor e textura das amostras de conservas de berinjela; constata-se que não houve efeito significativo para todos os atributos aparência, aroma, cor, sabor e textura.

As notas médias da avaliação de aceitação para as amostras da conserva de berinjela com diferentes condimentos variaram entre os termos “Gostei muito” (8), “Gostei regularmente” (7), “Gostei ligeiramente” (6) “Não gostei/Nem desgostei” (5); indicando que os produtos avaliados tiveram boa aceitação.

Verifica-se na Tabela 4.17, as notas médias da avaliação de aceitação da equipe de provadores em relação a: aparência, aroma, cor, sabor e textura das amostras de conservas de

berinjela, onde a conserva de berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim se recebeu notas médias superiores às demais amostras, em grande parte dos atributos, seguida da conserva de berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim. As conservas de berinjelas com diferentes condimentos não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) em relação a todos os atributos avaliados. Nota-se, para os atributos textura, a conserva com berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim obteve a maior média.

ARAÚJO et al. (2014), ao avaliarem a aceitabilidade e a viabilidade de comercialização de uma salada em conserva com hortaliças amazônicas obtiveram valor médio para o teste de aceitabilidade da salada em conserva de 6,48 correspondentes ao intervalo de termos entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” da escala hedônica utilizada, indicando boa aceitação do produto, permitindo, então, afirmar que a salada em conserva apresenta características sensorialmente adequadas para comercialização.

Tabela 4.17 – Notas médias da avaliação de aceitação da equipe de provadores em relação a: aparência, aroma, cor, sabor e textura das amostras de conservas de berinjela

Amostras de conserva	Aparência	Aroma	Cor	Sabor	Textura
Berinjela e azeite	6,42 a	6,18 a	6,60 a	5,9 a	6,42 a
Berinjela, azeite e orégano	6,24 a	6,48 a	6,36 a	5,13 a	6,08 a
Berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim	6,80 a	6,62 a	6,58 a	5,80 a	8,20 a
Berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim	6,58 a	6,58 a	6,44 a	5,66 a	6,36 a
DMS	0,87	0,93	0,83	0,10	3,45

Letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras, a $p \leq 0,05$

Observa-se nas Tabelas 4.18 e 4.19, as notas médias dos 50 julgadores e os coeficientes de concordância para cada parâmetro sensorial avaliado. A consistência dessas notas está condicionada à concordância entre os julgadores de forma que elas serão pouco consistentes se não houver boa concordância entre os mesmos.

Segundo SOUZA et al. (2008), a aparência é o aspecto mais importante relacionado na tomada de decisão de compra de frutas, legumes e verduras pelos consumidores, seguido pelo

“sabor”, uma vez que é por meio da observação desses parâmetros que o consumidor seleciona, escolhe e consome o alimento.

Pode-se observar, para o parâmetro aroma, que a amostra que recebeu melhores notas foi à conserva com berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim, com coeficiente de concordância de 31,33%, seguido da conserva com berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim com um coeficiente de concordância de 31,19%. Para o parâmetro sensorial aparência, a maior nota média foi atribuída à conserva de berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim, com coeficiente de concordância de 38,32%, enquanto para o parâmetro sensorial cor, observa-se que o melhor coeficiente de concordância ocorreu na conserva com berinjela e azeite, que foi 35,64%.

NASCIMENTO et al. (2011), ao elaborarem uma conserva acidificada artificialmente de maxixe e testar sua estabilidade química, bem como sua aceitação por parte dos consumidores, encontraram índice de aceitabilidade “7” que corresponde à atitude “comeria freqüentemente”, os autores concluíram também que este resultado é satisfatório, pois por ser um produto ainda desconhecido pela população, esta nota representa uma aceitação significativa.

Tabela 4.18 - Notas médias e coeficientes de concordância entre julgadores (CC) da análise sensorial das amostras de conserva de berinjela com diferentes condimentos quanto aos parâmetros aroma, aparência e cor

Amostras de Conservas	Parâmetros					
	Aroma		Aparência		Cor	
	Média	CC (%)	Média	CC (%)	Média	CC (%)
Berinjela e azeite	6,3	27,95	6,4	29,41	6,6	35,64
Berinjela, azeite e orégano	6,5	27,0	6,2	29,72	6,3	31,19
Berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim	6,7	31,19	6,8	38,32	6,6	32,74
Berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim	6,6	31,33	6,5	33,96	6,4	29,56

CC = coeficiente de concordância em%

Na análise sensorial de sabor (Tabela 4.19) o melhor coeficiente de concordância obtido entre os provadores foi de 20,24% para conserva com berinjela e azeite; para o parâmetro sensorial textura, os melhores coeficientes de concordância foram para as amostras de conserva com berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim e conserva de berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim, com valores de 30,91 e 27,51%, respectivamente.

PAULUS et al. (2012), avaliaram a aceitação de conserva tipo pickles de cenoura, e obtiveram respostas dos provadores, para os atributos cor e sabor, que corresponderam ao conceito na escala hedônica entre gostei moderadamente e gostei ligeiramente, respectivamente. Concluíram portanto que as cenouras em conserva tipo pickles apresentaram boa aceitação pelos provadores, podendo assim, ser feito a conserva para aproveitamento em excedente de safra, agregando valor ao produto final.

Tabela 4.19 - Notas médias e coeficientes de concordância (CC) entre julgadores da análise sensorial de conserva de berinjela com diferentes condimentos quanto aos parâmetros sabor e textura

Amostras de Conservas	Parâmetros			
	Sabor		Textura	
	Média	CC (%)	Média	CC (%)
Berinjela e azeite	5,9	20,24	6,4	26,68
Berinjela, azeite e orégano	5,1	17,00	6,1	21,45
Berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim	5,8	16,46	6,4	27,51
Berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim	5,7	14,73	6,3	30,91

CC = coeficiente de concordância em%

As médias e o desvios-padrão dos escores atribuídos pelos provadores obtidos no teste de atitude de consumo das conservas de berinjelas, com escala de 1 a 5, encontram-se na Tabela 4.20.

As médias dos escores atribuídos pelos provadores variaram entre 3,24 e 2,66, tendo todas as amostras de conservas apresentado intenção de consumo ,conforme a escala

hedônica, entre as notas 3 (“talvez comeria/talvez não comeria”). COLEMBERGUE et al. (2011), ao avaliarem a aceitabilidade da conserva da anchoita (*Engraulis anchoita*) em molho com tomate, dos julgadores que marcaram a opção “em conserva” como uma das formas mais frequentes de consumo, e observaram que 7,1% responderam “gostei ligeiramente”, 64,3% responderam “gostei” e 28,6% responderam “gostei muito”, sendo satisfatório o resultado obtido no teste de aceitação.

Tabela 4.20 – Média e desvios-padrão dos escores obtidos no teste de atitude de consumo das conservas de berinjelas com diferentes condimentos

Amostras de conservas	Médias e desvios padrão
Berinjela e azeite	2,96 ± 1,32
Berinjela, azeite e orégano	2,66 ± 1,32
Berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim	3,24 ± 1,30
Berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim	3,08 ± 1,31

Na Tabela 4.21 se encontra a distribuição da frequência dos escores atribuídos pelos provadores no teste de atitude de consumo das conservas não condimentadas e conservas condimentadas.

Verificou-se, na distribuição de frequência, que um número maior de provadores atribuiu nota 3 para amostra da conserva com berinjela e azeite; para a amostra da conserva com berinjela, azeite e orégano, a maior nta esteve entre 1 e 4; na amostra da conserva de berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim e a amostra da conserva com berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim, a média se manteve entre as notas 3 e 4 (“Talvez comeria/talvez não comeria” e “comeria frequentemente”). Para a amostra da conserva de berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrimos provadores atribuíram nota número 5, “Comeria sempre”, demonstrando que a atitude de consumo para a conserva elaborada com berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim foi maior que nas demais formulações.

Tabela 4.21 - Distribuição da frequência dos escores atribuídos pelos provadores no teste de atitude de consumo das conservas não condimentadas e conservas condimentadas

Escala hedônica	Amostras de conserva			
	Berinjela e azeite	Berinjela, azeite e orégano	Berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim	Berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim
1 - Nunca comeria	9	13	6	9
2 - Comeria raramente	6	10	9	8
3 - Talvez comeria/talvez não comeria	18	11	15	16
4 - Comeria frequentemente	8	12	11	11
5 - Comeria sempre	9	4	10	8

4.7.5 - Perfil sensorial das conservas de berinjelas com diferentes condimentos

Na Figura 4.21 se observa o perfil sensorial das conservas de berinjela com diferentes condimentos.

O perfil sensorial das amostras foi avaliado segundo uma escala hedônica de notas, que variou de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente).

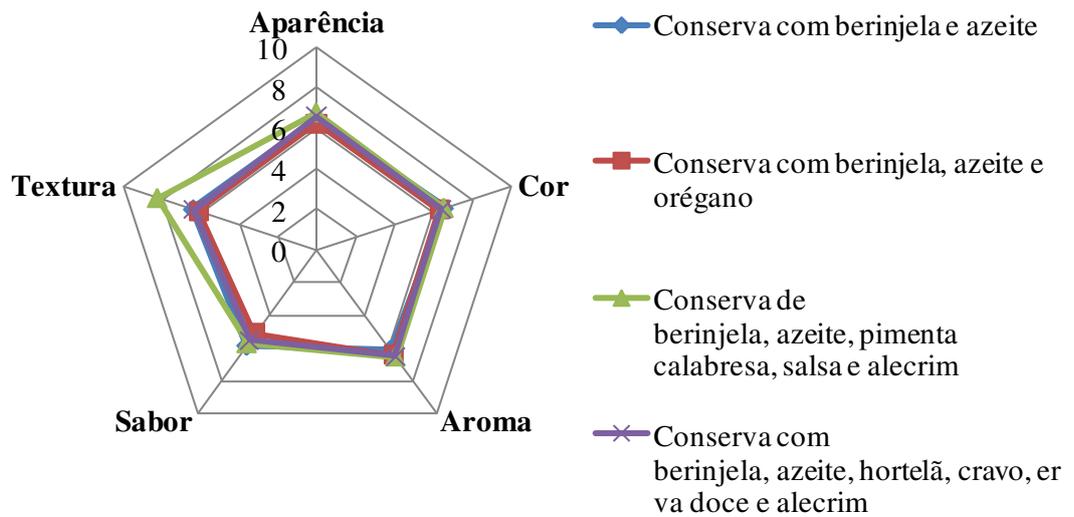


Figura 4.21 - Atributos avaliados no escore de pontos das conservas de berinjelas com diferentes condimentos

Pode-se observar, pela Figura 4.21, que o perfil sensorial das conservas de berinjelas com diferentes condimentos resultou em maiores notas médias para a amostra da conserva de berinjela, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim, com referência aos cinco parâmetros de avaliação sensorial (aparência, cor, aroma, sabor e textura), recebendo melhor avaliação para textura, com média 8; o perfil sensorial das de todas as conservas de berinjelas com diferentes condimentos obtiveram média 6,0 para quase todos os parâmetros sensoriais, o que pode ser considerado um resultado relevante para um produto não habitualmente consumido.

Nas atuais condições, com mercados multinacionais mais competitivos, o sucesso de um produto depende não só dos aspectos de eficiência do processo e viabilidade econômica, mas também da satisfação ao sabor e expectativas do consumidor; portanto, considerar as variáveis de qualidade do produto é essencial no processo de desenvolvimento, otimização e melhoria da qualidade dos produtos (CAMARGO et al., 2007).

ARAÚJO (2010), ao realizar análise sensorial das fatias desidratadas osmoticamente e das fatias sem tratamento osmótico de cenouras, verificaram que as cenouras sem tratamento osmótico obtiveram as notas mais baixas em todos os atributos: aparência, cor, sabor, odor e textura. Assim, a desidratação osmótica exerceu influência positiva nos atributos sensoriais das fatias de cenoura; Cenouras desidratadas ainda não são facilmente encontradas para consumo da população, devido a isso, as pessoas ainda não estão familiarizadas com o sabor.

4.7.6 - Avaliação da intenção de consumo

Na Figura 4.22, é apresentada a porcentagem de intenção de consumo para a amostra de conserva de berinjela com azeite.

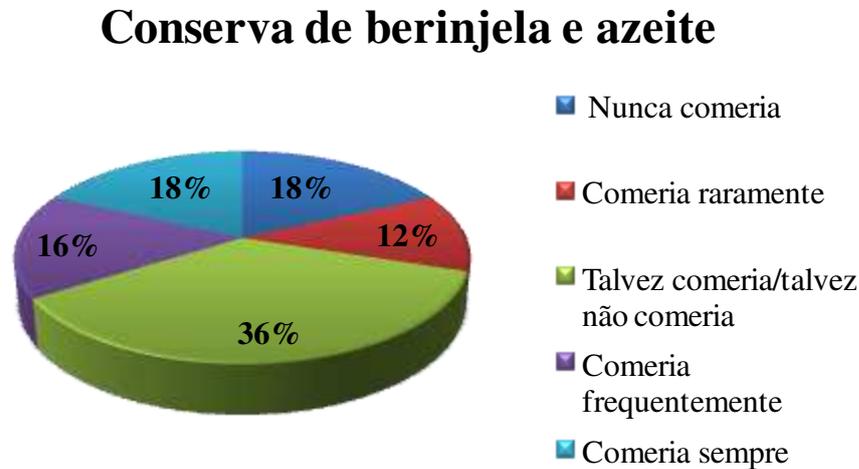


Figura 4.22 - Intenção de consumo (%) da conserva de berinjela com azeite

Observa-se que 12% dos provadores alegaram que “comeriam raramente”; apenas 16% dos provadores “comeriam raramente” o produto, 18% “comeria sempre” o produto, 18% “nunca comeria” e a grande maioria, 36% “talvez comeriam/talvez não comeriam” para a conserva de berinjela e azeite.

Na Figura 4.23 é apresentada a intenção de consumo (%) da conserva de berinjela com azeite e orégano; observa-se nesta formulação, que 8% dos provadores alegaram que “comeriam sempre”, 22% dos provadores afirmaram “talvez comeriam/talvez não comeriam” o produto, 24% dos provadores “comeria frequentemente” o produto e a grande maioria, 26% “nunca comeria” a conserva.

PEREIRA et al. (2014), ao elaborarem um produto tipo pickles de vinagre aromatizado com o fruto da *Coccinia grandis*, avaliaram a aceitabilidade através da análise sensorial, onde os resultados da análise sensorial mostraram que o pickles feito com o pepino *Coccinia grandis* teve uma boa aceitabilidade, uma vez que as notas variaram entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”. Podendo Assim, afirmar que o pepino apresenta um bom potencial para produção de pickles consistindo em mais uma alternativa de renda para agroindústria.

Conserva de berinjela, azeite e orégano

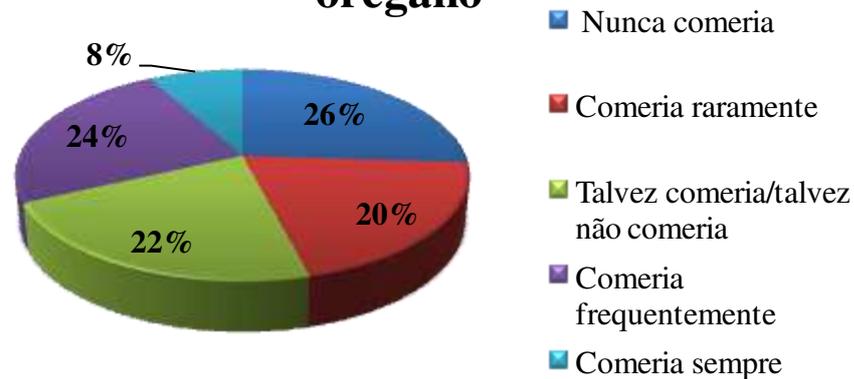


Figura 4.23 - Intenção de consumo (%) da conserva de berinjela, azeite e orégano

Na Figura 4.24, apresenta-se a intenção de consumo (%) da conserva de berinjela osmodesidratada, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim; observa-se que 12% dos provadores alegaram que “nunca comeriam”, apenas 18% dos provadores “comeriam raramente” o produto, 20% dos provadores “comeriam sempre” o produto, 21% “comeriam frequentemente”, 24% “talvez comeriam/talvez não comeriam” a amostra com berinjela osmodesidratada, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim; assim, pode-se concluir com esses resultados, que este produto foi bem aceito pelos provadores.

ZABALETA et al. (2007), ao avaliarem a qualidade sensorial da conserva de cebolinha orgânica, a conserva de cebola orgânica destacou-se pelas seguintes características positivas: sabor característico, textura crocante e ligeira acidez, sendo preferida ao nível de “gostei muito” na escala hedônica utilizada. Os resultados estimulam a produção orgânica de cebolas para conserva (cv. Beta Cristal) e seu processamento, como uma alternativa potencial para geração de renda e agregação de valor na agricultura familiar, numa perspectiva sustentável.

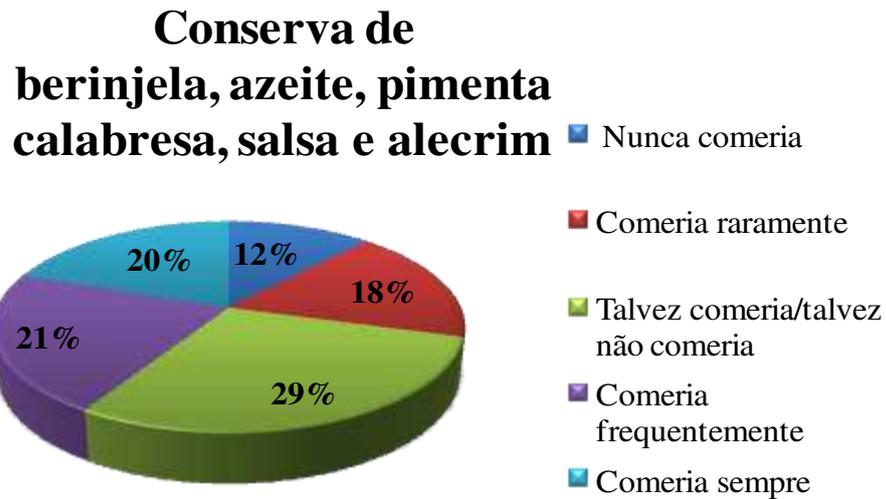


Figura 4.24 - Intenção de consumo (%) da conserva de berinjela com azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim

Na Figura 4.25 apresenta-se a intenção de consumo (%) da amostra da conserva com berinjela osmodesidratada, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim; apenas 15% dos provadores “comeria sempre” “comeria raramente” o produto, 16% dos provadores “comeria raramente” o produto, 17% dos provadores alegaram que “nunca comeria” o produto, 21% “comeria frequentemente” e a grande maioria, 31% “talvez comeria/talvez não comeria” a amostra da conserva com berinjela osmodesidratada, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim. Os resultados estimulam a produção de conserva e seu processamento, como uma alternativa potencial para geração de renda e agregação de valor.

ARAÚJO (2010), ao realizar análise sensorial das fatias desidratadas osmoticamente e das fatias sem tratamento osmótico de cenouras, verificaram que o índice de aceitabilidade dos atributos aparência, odor, textura e cor ficaram em torno de 65% para as cenouras com tratamento osmótico e em torno de 40% para as cenouras sem tratamento. Considerando todos os resultados, conclui-se que a secagem da cenoura com pré-tratamento osmótico é viável, tanto em relação aos aspectos técnicos como a qualidade sensorial do produto.

Conserva de berinjela, azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim

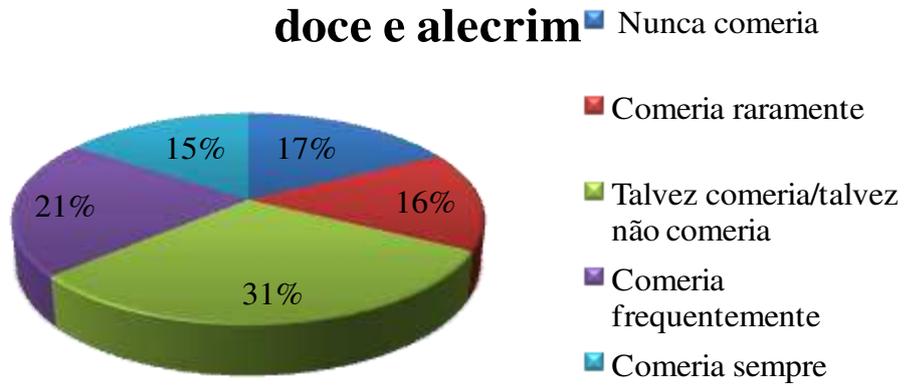


Figura 4.25 - Intenção de consumo (%) da conserva de berinjela com azeite, hortelã, cravo, erva doce e alecrim

5.0 – CONCLUSÕES

- As fatias de berinjela “*in natura*” se apresentaram pouco ácida, com o pH bem mais próximo do neutro em comparação a fatias de berinjela osmodesidratada e seca, com predominância do aumento no teor de cinza ao decorrer do processo;
- Os valores experimentais encontrados na caracterização físico-química das fatias de berinjelas foram alterados no decorrer do processo de desidratação osmótica e da secagem com as diferentes temperaturas de secagem, quando comparados aos valores experimentais encontrados na caracterização físico-química das fatias de berinjela “*in natura*”;
- Os parâmetros físicos determinados nas fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas apresentaram efeitos estatisticamente significativos a 1% de probabilidade exceto para os parâmetros elasticidade e coesividade;
- Após a combinação do processo de desidratação osmótica e secagem ocorreu uma redução dos parâmetros físicos como: teor de água, atividade água, Luminosidade (L^*), firmeza, mastigabilidade e elasticidade;
- A combinação do processo desidratação osmótica e secagem ocasionaram um aumento nos parâmetros físicos nas fatias de berinjela como: intensidade de vermelho ($+a^*$), intensidade amarelo ($+b^*$) e coesividades;
- Os parâmetros químicos determinados nas fatias de berinjelas “*in natura*”, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas tiveram efeitos estatisticamente significativos a 1% de probabilidade exceto para o parâmetro enxofre (S), o qual foi estatisticamente não-significativos;
- Para análise química os parâmetros minerais como: K, Ca, P, Cl, Fe, Zn e Cu as condições utilizadas durante o experimento influenciaram significativamente na perda de minerais;
- A melhor condição de processo, a concentração da solução osmótica de 3% de NaCl, temperatura do processo de 30 °C e tempo de imersão de 120 min;

- As curvas de secagem das fatias de berinjela osmodesidratadas foram influenciadas pela temperatura de secagem. A secagem mais rápida ocorreu na temperatura mediana (70 °C);
- Os modelos de Page, Henderson & Pabis, Lewis, Midilli e Cavalcanti Mata se ajustaram bem aos dados experimentais da secagem convectiva podendo ser usados na predição das cinéticas de secagem das fatias de berinjela osmodesidratadas para diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C); no entanto, os modelos de Cavalcanti Mata e o de Midilli foram os que apresentaram os melhores ajustes para todas as condições;
- Pela microscopia eletrônica de varredura foi possível observar que a combinação de processos nas fatias de berinjela promoveu uma maior destruição das estruturas celulares, bem como uma maior desorganização das células, resultado do colapso, tornando-se um produto tipicamente amorfo;
- Os valores médios para os parâmetros químicos, físicas e físico-químicas das amostras de conserva de berinjela com diferentes condimentos houve efeito significativo para as análises de a_w , sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável, pH, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e não ocorreu efeito significativo para os valores médios de teor de água e sólidos totais nas amostras de conservas de berinjelas em diferentes condimentos;
- A amostra de conserva de berinjela osmodesidratada, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim) destacou-se por obter maiores médias de aceitação da equipe de provadores em relação a aparência, aroma, cor, sabor e textura das amostras de conservas de berinjela superiores às demais amostras;
- No perfil sensorial da conserva de berinjela com diferentes condimentos, houve maior preferência a conserva com berinjela osmodesidratada, azeite, pimenta calabresa, salsa e alecrim.

6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14140. **Alimentos e bebidas – Análise sensorial – Teste de análise descritiva quantitativa (ADQ)**. Rio de Janeiro, 2008.

ABREU, W. C.; BARCELOS, M. F. P.; LOPES, C. O.; MALFITANO, B. F.; PEREIRA, M. C. A.; BOAS, E. V. B. V. Características físicas e químicas de tomates secos em conserva. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 31, n. 2, p. 237-244, 2013.

ALMEIDA, E. I. B.; LUCENA, H. H.; RIBEIRO, W. S.; OLIVEIRA, M. R. T.; BARBOSA, J. A. Análise das perdas de caule, folhas e frutos de hortaliças frescas comercializadas na rede varejista de Areia (PB). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 81-91, 2012.

ALMEIDA, F. C. A., RIBEIRO, C. F. A., TOBINAGA, S., GOMES, J. P. Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 576-584, 2005.

AL-MUHTASEB, A. H., et al. Drying characteristics and quality change of unutilized-protein rich-tomato pomace with and without osmotic pre-treatment. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 1, p. 171-177, 2010.

ALVES, D. G.; BARBOSA, J. L. Jr.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X. Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 1, p. 99 –103, 2005.

ALVES, D. G. **Obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem**. 2003. 149 F. Tese (Doutorado Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, 2003.

ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. D.; LIMA, E. E. Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 640-646, 2013.

ALVACHIAN, S.; METRI, J. C.; BAROS NETO, B.; GUERRA, N. B. Desidratação Osmótica do Jenipapo (*Genipa americana* L .). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 276-281, 2003.

AMARAL, D. S. obtenção da polpa em pó de biribá (*rollinia mucosa*) pelo processo de secagem em camada de espuma e por liofilização: estudo dos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos. 2014. 199f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2014.

AMARAL, A. E. G.; SILVA, A. M. M.; SENA, D. N.; LOPES, M. F. G.; ALMEIDA, M. M. B.; MAGALHÃES, C. E.; MAGALHÃES, A. C. Análise do teor de Ca, Mg, Fe, e K em hortaliças folhosas comercializadas na cidade de Fortaleza-CE. 52º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 14 à 18 de outubro, 2012.

AMBONI, R. D. M. C.; FRANCISCO, A.; TEIXEIRA, E. Utilização de microscopia eletrônica de varredura para detecção de fraudes em café torrado e moído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n.3, p. 331-313, 1999.

ANÉFALOS, L. C.; MOREIRA, S. R.; CIPOLLI, K. M. V. A. B.; TURCO, P. H. N.; TAVARES, P. E. R.; Sazonalidade da oferta de produtos hortícolas: o mercado de berinjela. CAMPINAS – SP, INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2008.

ANGELINI, R. **Desidratação osmótica de kiwi (*Actinidia deliciosa* L.) estudo da reutilização da solução osmótica.** 2002. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – UNICAMP, Campinas, 2002.

ANGELIS R. C., CTENAS M. L. B. Biodisponibilidade de ferro na alimentação infantil. **Temas de Pediatria** n. 52, 1993.

ANTONIO, G. C. **Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de banana nanica (*Musa cavendishi*) e de mamão formosa (*Carica papaya* L.).** 2002. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - UNICAMP, Campinas, 2002.

ANTONIO, G. C., AZOUBEL, P. M., MURR, F. E. X., PARK, K. J. Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 696-701, 2008.

ARAÚJO, E. M.; CHAAR, J. M.; MARQUES, J. D. O. Salada em conserva elaborada com hortaliças regionais amazônicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.527–532, 2014

ARAÚJO, L. C.; GUERRA, N. B.; VASCONCELOS, M. A. S.; SHINOHARA, N. K. S.; ALBUQUERQUE, S. S. M. C.; ANDRADE, S. A. C. Otimização da desidratação osmótica do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*). **Brazilian Journal Food Technology**, v. 13, n. 2, p. 98-106, 2010.

ARAUJO, M. E. R.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, M. M. Atividade de água em goiaba (*Psidium guajava*L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. CD Rom.

ARAÚJO, P. M. de. **Estudo da desidratação osmótica da cenoura (*Daucus carota L.*) em fatias**. 2010. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2010.

ARGANDOÑA, E. J. S. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas: Avaliação de um sistema osmótico semicontínuo, da secagem e da qualidade**. 175p. 2005, Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

ATENCIA, E. J. E.; FARIA, J. A. F. Vida útil dos óleos acondicionados em embalagens plásticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA. CD Rom.

AZEREDO, H. M. C., JARDINE, J. G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 74-82, 2000.

AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 291-295, 2004.

BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**, Oxford, v. 4, n. 2, p. 1450-1458, 2011.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Campinas, Editora da UNICAMP, 2ª edição, 2003.

BARROS NETO, B. de; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 3. ed. Campinas: UNICAMP, 2007. 480p.

BERISTAIN, C. I.; AZUARA, E.; CORTÊS, R.; GARCIA, H. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 25, n. 5, p. 576-582, 1990.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Vereda, p. 223. 2002.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, p.135. 2001.

BORGES, S. V.; MANCINI, M. C.; CORREA, J. L. G.; NASCIMENTO, D. A. Secagem de fatias de abóboras (*curcubit moschata* L.) por convecção natural e forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 245-251, 2008.

BORIN, I.; FRASCARELI, E. C.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 39-50, 2008.

BOTTONI A., CIOLETTE A., SCHIMITZ B. A. S., CAMPANARO CM, ACCIOLY E, CUVELLO L. C. F. Anemia ferropriva. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 3, n. 15, p. 127-34, 1997.

BOURNE, M. Relation between texture and mastication. **Journal of Texture Studies**, v. 35, n. 2, p.125-143, 2004.

BOURNE, M. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2002. 415p.

BUZINARO, E. F, ALMEIDA, R. N. A, MAZETO, G. M. F. S. Biodisponibilidade do cálcio dietético. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 50, n. 5, p. 852-861, 2006.

BUCHWEITZ, P. R. **Avaliação da pré-secagem osmótica de kiwi (*Actinidia deliciosa*) complementada por processos convencionais**. 2005. 223 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2005.

BRASIL, Ministério da saúde. **Resolução RDC nº 352, de 23 de setembro de 2002**. Regulamento técnico de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e ou hortaliças em conserva e a lista de verificação das boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de frutas e ou hortaliças em conserva.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos**, Brasília, DF, p. 1-49. 2001.

CAMARGO, G. A, **Processo produtivo de tomate seco: novas tecnologias, manual técnico**. Campinas, Maio, 2003. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/wrktom030.pdf>>. Acesso em: 15 julho 2014.

CAMPOS, C. D. M.; SATO, A. C. K.; TONON, R. V.; HUBINGER, M. D.; CUNHA, R. L. Effect of process variables on the osmotic dehydration of star-fruit slices. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v. 32, n. 2, p. 357-365, 2012.

CÁNOVAS, G. V. B.; MERCADO, H. V. **Deshidratación de Alimentos**. Editorial Acribia S.A. Zaragoza: 2000. p. 22-55.

CARVALHO, J. DE A.; SANTANA, M. J. DE.; PEREIRA, G. M.; PEREIRA J R. D.; QUEIROZ, T. M. DE. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.320-327, 2004.

CASTRO, F. A. F.; AZEVEDO, R. M. C.; SILVEIRA, I. L. **Estudo experimental dos alimentos: Uma abordagem prática**. Caderno didático, Viçosa: UFV, n. 28, p. 530, 1998.

CASTRO NETO, M. T.; FONSECA, N.; SANTOS FILHO, H. P.; CAVALCANTE JÚNIOR, A. T. **Propagação e padrão da muda: cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, EDIÇÃO, p. 117-136, 2002.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em de alimentos**. 2. ed.rev. Campinas: UNICAMP, 207 p. 2003.

CIABOTTI, E. D.; BRAGA, M. E. D.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Alterações das características físico-químicas da polpa de maracujá amarelo submetido a diferentes técnicas de congelamentos inicial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 1, p. 51-60, 2000.

COLEMBERGUE, J. P.; CARBONERA, N.; ESPIRITO SANTO, M. L. P. valiação química, física e sensorial de conserva de anchoita (*Engraulis anchoita*) em molho com tomate. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 522-527, 2011.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*coffea arábica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N. ; OLIVEIRA, D. E. C. Modelagem matemática da secagem de frutos de crambe em camada delgada. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 392-403, 2015.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo, p. 67-175, 2007.

- CRANK, J. **Mathematics of diffusion**. 2ed., Clarendon Press Oxford, 1975, 414 p.
- CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G; ALMEIDA, F. A. C. LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L H. Caracterização físico química do suco de acerola. **Revista de biologia e ciências da terra**. v. 4 n. 2, 2004.
- CHAVES, M. G.; SGROPPO, S. C.; AVANZA, J. R. Cinética de secado de berenjenas (*Solanum melongena* L.). Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Corrientes, E-060, p. 1-4, 2003.
- CHENLO, F.; MOREIRA, R.; TORRE, M. D. Rheological Properties of Chestnuts Processed by Osmotic Dehydration and Convective Drying. **Food Science and Technology International**. v. 13, n. 5, p. 369-374, 2007.
- CHEREM, A. R.; TRAMONTE, V. L. C. G.; FETT, R.; VAN DOKKUM, W. Efeito da casca da berinjela (*Solanum melongena*) sobre as concentrações plasmáticas de triglicédeos, colesterol total e frações lipídicas, em cobaias (*Cavia porcellus*) hiperlipidêmicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 51-65, 2007.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- CHONG, C. H.; LAW, C. L. **Drying of Exotic Fruits**. In: Vegetables and Fruits v.2, Ed. Jangam, S. V., Law, C. L. and Mujumdar, A. S., Singapore, p. 1- 42, 2011.
- DIKIN, D. A.; KOHLHAAS, K. M.; DOMMETT, G. H. B.; STANKOVICH, S. RVOFF, R. S. Scanning electron microscopy methods for analysis of polymer nano composites. **Microscopy and Microanalysis**, v. 12, n. 2, p. 674-675, 2006.
- DIONELLO, R. G.; BERBET, P. A.; MOLINA, M. A. B.; PEREIRA, R. C.; VIANA, A.P.; CARLESSO, V. O. Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 1, n. 29, p. 232-240, 2009.
- DISILVESTRO, R. A. **Handbook of Minerals as Nutritional Supplements**. CRC Press, 2005.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, p.239, 2007.

EMBRAPA. Beringela (*Solanum melongena* L.). Brasília: Embrapa-CNPq. Sistemas de Produção, 3, ISSN 1678-880x Versão Eletrônica, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela_Solanum_melongena_L/coeficientestecnicos.html>. Acesso em: 03 fev. 2014.

ERNESTO, D. B.; **Desidratação osmótica de abóbora com uso de pulso de vácuo: otimização e cinética**. 2013. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras: UFLA, Lavras – MG, 2013.

ESCOBAR, M. P., GALINDO, F. G., WADSO, L., NÁJERA, J. R., SJOHOLM, I. Effect of long-term storage and blanching pre-treatments on the osmotic kinetics of carrots (*Daucus carota* L. cv. Nerac). **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 2, p. 313-317, 2007.

ESTEVES E. A., RODRIGUES C. A. A., PAULINO E. J. Ingestão dietética de cálcio e adiposidade em mulheres adultas. **Revista de Nutrição**. v. 23, n. 4, p. 543-552, 2010.

FAVA, A. R. FEA é a referência em melhoria de alimentos. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/abril2004/ju249pag4a.html> Acesso: 27 de junho de 2015.

FARIAS, E. S.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, L. A.; NASCIMENTO, J. Secagem de cajá em um secador de leito fixo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2002, Belém. **Anais...** SBF: Belém, 2002. CD Rom.

FALADE, K. O.; IGBEKA, J. C. Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables. **Food Reviews International**, v. 23, n. 4, p. 373-405, 2007.

FANTE, L. **Estudo da cinética de branqueamento e de secagem por ar quente e iofilização do alho (*allium sativum* L.)**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

FEIBER, L. T.; CAETANO R. Teores de cálcio em polpas de couve. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 1, p. 141-145, 2012.

FEILLET, P.; AUTRAN, J. C.; VERNIÈRE, C. I. Pasta de brownness: an assessment. **Journal of Cereal Science**, Chichester, v. 32, n.3, p. 215-233, 2000.

FERNANDES, A. L. S.; SILVA, F. S. Aproveitamento de sobras de legumes para produção de conserva vegetal (picles) e avaliação físico química. 53º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, Realizado no Rio de Janeiro/RJ, de 14 a 18 de Outubro de 2013.

FERNANDES, M. A. **Obtenção de “chips” de berinjela (Solanun melongena L.) mediante processo combinado de desidratação osmótica em solução ternária e secagem convectiva**. 2012. 53f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – UFPB/CT, João Pessoa, 2012.

FERRARI, C. C.; ARBALLO, J. R.; MARCHERONI, R. H.; HUBINGER, M. O. Modelling of mass transfer and texture evaluation during osmotic dehydration of melon under vacuum. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 2, p. 436-443, 2011.

FERREIRA, V. L. Colorimetria em alimentos. Campinas: Instituto de tecnologia de alimentos, 42p. 1991.

FINCO, A. M. O.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de berinjela. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 03, n. 01, p. 49-59, 2009.

FIGLIAREZZA, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora universitária - UFPB, 229 p, 2004.

FITO, P.; CHIRALT, A.; BETORET, N.; GRAS, M; CHÁFER, M.; MARTINÉS MONZÓ, J; ANDRÉS, A.; VIDAL, D. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering: application in functional fresh food development. **Journal Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p. 175-183, 2001.

FURTADO, G. de F.; SILVA, F. S. da.; PORTO, A. G. SANTOS, P. dos. Secagem de polpa de seriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n.1, p. 9-14, 2010.

FLICK, G. J., BURNETTE, F. S., AUNG, L. H., ORY, R. L., ANGELO, A. J. Chemical composition and biochemical properties of mirlitons (*Sechium edue*) and purple, green and white eggplants (*Solanum melongena*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 26, p.1000-1005, 1978.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological Analytical Manual**. 8. ed.,1995.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Vegetais desidratados**. nº 26, p. 58-71, 2013. Disponível em: 2013http://revistafi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060260944001464961489.pdf. Acesso em: 15 de dezembro de 2014.

FRANCO, M. B. D. G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, e.d., 2008. 182 p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2000. 307p.

FRANCIS, F. J. Colorimetry of foods. In: PELEG, M.; BAGLEY, E. B. **Physical properties of foods**. Westport: The Avi Publishing Company, p. 105-123, 1983.

GALDINO, P. O. **Processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva para elaboração de passa de manga CV. Espada**. 2012. 260 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, 2012.

GARCIA, M.; Diaz, R.; MARTINEZ, Y.; CASARIEGO, A. Effects of chitosan coating on mass transfer during osmotic dehydration of papaya. **Food Research International**, v. 43, p. 1656-1660, 2010.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. **Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008. 511p.

GEBHARDT, S.E., THOMAS, R.G. **Nutritive Value of foods**. USDA, Home Gardem Bulletin, n.72, 2002.

GOUVEIA, D. S.; UGULINO, S. M. P.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. C. Cinética de feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) em secador de bandeja. **Holos**, Natal, v. 1, n. 27, p. 38-48, 2011.

GOMES, A. T.; CEREDA, M. P.; VILPOUXO, O.; Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 3, n. 3, p. 212-226, 2007.

GONCALVEZ, M. **Microscopia eletrônica de varredura: técnica de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber, 1 ed., 2004. p. 165-175.

GUNASEKARAN, S.; AK, M. M. **Cheese Rheology and Texture**. CRC Press LLC, Florida, 2003, 637p.

HEREDIA, A.; PEINADO, I.; ROSA, E.; ANDRÉS, A.; ESCRICHE, I. Volatile profile of dehydrated cherry tomato: influences of osmotic pre-treatment and microwave power. **Food Chemistry**, v. 130, n. 4, p. 889-895, 2012.

HEREDIA, A.; PEINADO, I.; BARRERA, C.; GRAU, A. A. Influence of process variables on colours changes, caratenoides retention an cellular tissue alteration of cherry tomato during osmotic dehydration. **Journal of Food Composition and analysis**, v. 22, n. 4, p. 285-294, 2009.

HEREDIA, A.; BARRERA, C.; ANDRES, A. Drying of cheery tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetias and other related properties. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.1, p.111-118, 2007.

HENZ, G. P.; SILVA, C. Conservação de frutos de berinjela cv. Ciça através de refrigeração e embalagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 157-162, 1995.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. São Paulo: IAL, 2008. 1020p.

JESUS, J. R.; RESENDE, N. S.; MENDONÇA, K. S.; CORRÊA, J. L. G. Caracterização físico-química de tomates osmoticamente desidratados em solução ternária. In: XXIII CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 3., 2014, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2014. CD.

JUNIOR., J. L. B.; ALVES, D. G.; EL-AOUAR, A. A.; ARAÚJO, E. A. F.; MURR, F. E. X.; Osmotic dehydration of carrot (*Daucus carota* L.) using sodium chloride solution. *Proceedings of the 14th International Drying Symposium*, v. 5, p. 1992-199, 2004.

KAYNE, L. H.; D'A GENIO, D. Z.; MEYE, J. H.; HU, M. .; JAMGOTCHIAN, N.; LEE, D. B. N. Analysis of segmental phosphate absorption in intact rats. A comport mental analysis approach. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 91, n. 3, p. 915-922, 1993.

KAWASHIMA, L. M. **Teores totais e frações solúveis de alguns elementos minerais nutricionalmente importantes em hortaliças folhosas e efeito do cozimento sobre solubilidade e perdas**. 1997. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

KEALY, T. Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi-solid foods. **Food Research International**, v. 39, p.265- 276, 2006.

KHIN, M. M.; ZHOU, W.; PERERA, C. O. Impact os process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of Apple tissue during osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 3, p. 817-827, 2007.

KHIN, M. M.; ZHOU, W.; YEO, S. Y. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 3, p. 514-522, 2006.

KINGSLEY, R. P.; GOYAL, R. K.; MANIKANTAN, M. R.; ILYAS, S. M. Effects of pretreatments and drying air temperature on drying behaviour of peach slice. **International Journal of Food Science & Technology**, v.42, n.1, p. 65-69, 2007.

KONRDÖRFER, K.; WEIZENMANN, M.; KREUTZ, D. H.; MACIEL, M. J.; SOUZA, C. F. V.; LEHN, D. N. Quantificação de minerais, nitratos e nitritos em hortaliças orgânicas e convencionais. **Revista CIATEC – UPF**, vol.6 n. 2, p.31-39, 2014.

KOTOVICZ, V. **Otimização da desidratação osmótica e secagem do yacon (*Polymnia sonchifolia*)**. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2, p. 137-140, 2001.

KUROZAWA, L. E.; EI AOUAR, A. R.; MURR, F. E. Obtenção de Isotermas de dessorção de Cogumelo in natura e Desidratado osmoticamente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.25, n.4, p. 828-834, 2005.

KRUMREICH, F. D.; SOUSA, C. T.; CORRÊA, A. P. A.; KROLOW, A. C. R.; ZAMBIAZI R. C. Teor de cinzas em acessos de abóboras (cucurbita máxima l.) do Rio Grande do Sul. VIII Simpósio de alimentos. Passo Fundo-RS. v. 8, p. 1-4, 2013. UPS

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; KECHAOU, N. Experimental study and modelling of adsorption and desorption isotherms of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 3, p. 201-207, 2002.

LENART, A., PIOTROWSKI, D. Drying characteristics of osmotically dehydrated fruits coated with semipermeable edible films. **Drying Technology**, v. 19, n. 5, p. 849 877, 2001.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying technology**, v.14, n.2, p. 391-413, 1996.

LEWICKI, P. P.; LUKASZUK, A. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. **Journal of Food Engineering**, v. 45, n. 3, p.119-126, 2000.

LEWICKI, P. P.; PORZECKA-PAWLAK, R. Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 43-50, 2005.

LIMA, A.; SILVA, A. M. O.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P; FILHO, J. M. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

LOGHMAN-ADHAM, M. Renal and intestinal Pi transport adaptation to low phosphorus diet in uremic rats. **Journal of the American Society of Nephrology**, v. 3, n. 1. p. 1930-1937, 1993.

LOTSCHER, M.; WILSON, P.; NGUYEN, S.; KAISLING, B.; BIBER, J.; MURER, H.; LEVI, M. New aspects of adaptation of rat renal Na/Pi cotransporter to alterations in dietary phosphate. **Kidney International**, v. 49, n. 4, p. 1012-1018, 1996.

MACHADO, A. M.; SOUZA, M. C.; JUNQUEIRA, M. S.; SARAIVA, S. H.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinéticas de secagem do abacaxi cv. Pérola. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v.8, n.15; p. 428, 2012.

MADUREIRA, I. A. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. & SILVA FILHO E. D. Cinética de secagem da polpa do figo-da-índia. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. Especial, p.345-354, 2011.

MAGALHÃES, M. M. A.; CORREIA, R. T. P.; Desidratação Osmótica EDUFRN, Natal, no prelo, 2010.

MASSUCHETI, L.; CORSO, A.C.T.; MOREIRA, E. A. M. Prevalência de anemia em gestantes atendidas na rede pública de saúde do município de Florianópolis (SC). **Cad Saúde Coletiva**, v. 10, p. 417-431, 2009.

MASTRANGELO, M. M.; ROJAS, A. M.; CASTRO, M. A.; GERSCHENSON, L. N.; ALZAMORA, S. M. Texture and structure of glucose-infused melon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, n. 4, p. 769-776, 2000.

MAURO, M. A., TAVARES, D. Q., MENEGALLI, F. C. Behavior of plant tissue in osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 56, n. 1, p. 1-15, 2003.

MAYOR, L.; CUNHA, R. L.; SERENO, A. M. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. **Food Research International**, Barking, v. 40, n. 4, p. 448-460, 2007.

MAYOR, L.; MOREIRA, R.; SERENO, A. M. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Curcubita pepo* L.) fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 103, n. 1, p. 29-37, 2011.

MELO, K. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Comportamento reológico da polpa de buriti com leite. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 197-206, 2008.

MERCALI, G. D.; KECHINSKI, C. P.; COELHO, J. A.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F. Estudo da transferência de massa durante a desidratação osmótica de mirtilo. **Brazil Journal of Food Technology**, v. 13, n. 2, p. 91-97, 2010.

MELO FRANCO, B. D. G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2008. 171p.

MENDES, G. R. L.; FREITAS, C. H.; SCAGLIONI, P. T.; SCHMIDT, C. G.; FURLONG, E. B. Condições para desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p.1210–1216, 2013.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. MINOLTA Co. Ltd., 1994.

MONNERAT, S. M., et al. Osmotic dehydration of apples in sugar/saltsolutions: Concentration profiles and effective diffusion coefficients. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 4, p. 604-612, 2010.

MONTEIRO, M. A. M.; STRIMGHETA, P. C.; COELHO, D. T.; MONTEIRO, J. B. R. L. Estudo químico de alimentos formulados à base de palmito *Bactris gasipaes* H. B. K. (pupunha) desidratado. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, p.211-215, 2002.

MOURA, C. P. **Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Polymnia sonchifolia*) com pré-tratamento osmótico**. 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, 2004.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D.; VÁZQUEZ, G. Effect of stirring in the osmotic dehydration of chesnut using glicerol solutions. **Food Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 9, p. 1507-1514, 2007.

MOREIRA, S. R.; TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W. Berinjela. Campinas:IAC, 2006. Disponível em: www.iac.sp.gov.br/tecnologias/berinjela/berinjela.htm Acesso em: 17 maio. 2014.

MUJUMDAR, A. S.; MENON, A. S. Drying of solids, principles, classification and selection of dryers. **Handbook of Industrial Drying**. 2 ed. Marcel Dekker: New York, p. 1-39, 1995.

NASCIMENTO, A. M. C. B.; NUNES, R. G. F. L.; NUNES, L. A. P. L. Elaboração e avaliação química, biológica e sensorial de conserva de maxixe (*cucumis anguria* l.). **Revista ACTA Tecnológica**, v. 6, n. 1, p. 123-136. 2011.

NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. TACO – **Tabela de Composição de Alimentos**. Versão II. 2.ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006. 113p.

NETO, M. A. S.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W.; FILHO, M. S. M. S.; LIMA, A. S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: Avaliação das variáveis de processo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n.5, p.1021-1028, 2005.

NICOLETI, J. F.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Air-drying of fresh and osmotically pré-treated pineapple slices: fixed air temperature versus fixed slice temperature drying kinetics. **Drying Technology**, v.19, n. 9, p.2175-2191, 2001.

NIETO A. B.; SALVATORI, D. M.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration: shrinkage, porosity, density and microscopic features. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 2, p. 269-278, 2004.

NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C.; CORNEJO, F. P. **Manual para a Produção em Pequena Escala de Conserva de Tomate Desidratado**. EMBRAPA, Rio de Janeiro, Outubro, 2003.

OLIVEIRA, I. P. **Influência do pré-tratamento ultrassom e desidratação osmótica na secagem, cor, textura e enzimas do mamão formosa**. 2014. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2014.

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. flavicarpa) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 254-258, 2002.

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 181-189, 2006.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 326-332, 1999.

PAIVA A. A., RONDO P. H. C., LATORRE M. R. DO, CARDOSO M. A. A., GONDIM S. S. R. Relationship between the iron status of pregnant women and their new borns. **Revista Saúde Pública**, v. 41, n. 3, p. 321-327, 2007.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; DE OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas, 2007. Disponível em:<<http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html>> Acesso em: 16 mar. 2014.

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

PAULUS D.; MOURA C. A.; SANTIN A.; DALHEM A. R.; NAVA G. A.; RAMOS C. E. Produção e aceitabilidade de cenoura sob cultivo orgânico no inverno e no verão. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 446-452. 2012.

PEÊ, P. R. **Estudo comparativo do mamão desidratado osmoticamente e seco com e sem filme**. 2014. 96 f. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande- Pb, 2014.

PEREIRA, D. J. S.; PAES, J. L.; SANTOS, J. P.; MISQUITA, Í. S.; BRUGGIANESI, G. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014 Centro de Convenções “Arquiteto Rubens Gil de Camillo”- Campo Grande -MS 27 a 31 de julho de 2014.

PEREIRA, L. M. **Influência da desidratação osmótica com aditivos na estrutura celular e na manutenção da qualidade de goiabas minimamente processadas**. 2006, 202p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

PEREZ, P. M. P., GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 186-192, 2007.

PEREZ, L. D. C. G. C. **Otimização da desidratação do fruto do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) utilizando solução ternária**. 2010. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido do convênio INPA/UFAM) - Instituto nacional de pesquisas da Amazônia, Manaus - AM. 2010.

PESSOA, T. **Desidratação osmótica seguida de secagem de goiaba para obtenção de passas**. 2011. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande-PB, 2011.

PICON, C. A.; ALMEIDA, E. F.; OLIVEIRA, N. T. C.; GUASTALDI, A.C. **Caracterização de superfícies de titânio irradiadas com laser Nd: YAG e depositadas com**

hidroxiapatita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Brasil, 2006. CD.

PINHEIRO, L. N.; BEGROW, D.; RAVAZIO, M. B.; TERRA, L. M. Modelagem da secagem de fatias de berinjela em estufa XXVI CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA – CRICTE 2014 8 a 10 de outubro de 2014 – Alegrete – RS – Brasil

POMERANZ, Y.; MELOAN, C. E. **Food analysis.** Theory and practice. 3 ed. New York, 1994. 778 p.

PONS, M.; FISZMAN, S. M. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. **Journal of Texture Studies**, v. 27, n.6, p. 597-624, 1996.

PORTO, M. A. L.; GUERRA, N. B.; VASCONCELOS, M. A. S.; SIQUEIRA, A. M. O.; ANDRADE, S. A. C. Otimização da desidratação osmótica de uva Crimson Seedless. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 249-256, 2014.

RAHMAN M. S. **Handbook of Food Preservation.** 2. ed. Florida: CRC Press LLC, 2007.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products.** Central Food Technological Research Institute Mysore. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 1977. 634 p.

RAOULT-WACK, A. L.; RIOS, G.; SAUREL, R.; GUILBERT, S.; BOTZ, O. Modeling of dewatering and impregnation soaking process (osmotic dehydration). **Food Research International**, v. 27, n. 3, p. 207-209, 1994.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARÃO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K.; KNORR., D. Recent developments in osmotic dehydration methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science and Technology**, v.13, n.2, p. 48-59, 2002.

REIS, R. C.; BARBOSA, L. S.; LIMA, M. L.; REIS, J. S.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R. Modelagem matemática da secagem da pimenta Cumari do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p.347–353, 2011.

REIS, F. R., LENZI, M. K., MASSON, M. L. Effect of vacuum drying conditions on the quality of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) slices: process optimization towards color quality. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 36, n. 1, p. 67-62, 2011.

RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Frutos de melão submetidos à pré-tratamentos com hidrocolóides: efeitos do processo de congelamento sobre a microestrutura celular. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 295-304, 2002.

RODRIGUES, M. I.; LEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 2º Edição. Campina: Cárite editora, 2009, 358p.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos**.1. ed. Campinas: Casa do Pão. Editora, 2005. 395p.

RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 2, p.678-687, 2007.

RODRIGUES, I. A água. In: CASTRO, A. G. **A química e a reologia no processamento dos alimentos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003. p.15-36.

ROMEO, F. V.; PISCOPO, A.; MINCIONE, A.; POIANA, M. Quality evaluation of different typical table olive preparations (cv Nocellara del Belice). **Grasas y Aceites**, v. 63, n. 1, p. 19-25, 2012.

SACCHETTI, G.; GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2 - 3, p.163-173, 2001.

SADILOVA, E.; STINTZING, F. C.; CARLE R. Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant (*Solanum melongena* L.) and violet pepper (*Capsicum annum* L.) peel extracts. 2006. **Journal of Biosciences**, v. 61, n.7- 8, p. 527-535, 2006.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVEIRA, A. V. S. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.83-102, 2005.

SANQUETTA, H. J. M. **Avaliação dos parâmetros de qualidade de fatias de champignons (*agaricus bisporus*) submetidos à desidratação osmótica, secagem convectiva e reidratação**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SANTOS, C. N. P. **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins) parcialmente desidratada por osmose**. 2003. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2003.

SANTOS, C. T.; BONOMO, R. F.; CHAVES, M. A.; FONTAN, R. C. I.; BONOMO, P. Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja. **Acta Scientiarum Technology**, v. 32, n. 3, p. 309-313, 2010.

SERENO, A. M.; MOREIRA, R.; MARTÍNEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. **Journal of Food Engineering**, v. 47, n. 1, p. 43-49, 2001.

SILVA, A. B. J. ; DIONÍSIO, C. F.; SILVA, R. N.; COSTA, J. C.; OLIVEIRA, F. Luiz N.; AZERÊDO, G. A. Teores de cinzas e umidade em cultivares de berinjela sob sistemas de cultivo orgânico e convencional VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas- Tocantins, 2012. VII CONNEPI 19 a 21 outubro.

SILVA-JÚNIOR, A. A.; BASTOS, A. M. R. S.; VASCONCELOS, J. I. L. A.; BARROS, R. A.; SILVA, J. A.; VASCONCELOS, M. A. S.; BENACHOUR, M.; ALBUQUERQUE, S. S. M. C.; ANDRADE, S. A. C. Otimização da desidratação osmótica da berinjela (*solanum melongena* L.). **49 ° congresso brasileiro de química**, Porto Alegre, 2009.

SILVA, M. A. C.; SILVA, Z. E.; MARIANI, V. C.; DARCHE, S. Mass transfer during the osmotic dehydration of West Indian cherry. **LWT - Food Science and Technology**, v. 45, v. 2, p. 246-252, 2012.

SILVA, R. C. **Qualidade tecnológica e estabilidade oxidativa de farinha de trigo e fubá irradiados**. 2003. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, V. K. L.; PINHEIRO, E. S.; DOMINGUES, M. A. F.; AQUINO, A. C.; FIGUEIREDO, E. A.; COSTA, J. M. C.; CONSTANT, P. B. L. Efeito da pressão osmótica no processamento e avaliação da vida de prateleira de tomate seco. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 55-66, 2010.

SILVA, W. S. **Comportamento mecânico do queijo de coalho tradicional, com carne seca, tomate seco e orégano armazenados sob refrigeração**. 2013. 59 f. Dissertação (em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga-BA, 2013.

SILVEIRA, M. Preparo de amostras biológicas para microscopia eletrônica de varredura. **Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica**. Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, v. 1, p. 71-79, 1989.

SINGH, B.; KUMAR, A.; GUPTA, A. K.; Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrots cubes. **Journal of Food Engineering**, 79, p. 471- 480. 2007.

SIQUEIRA, L. P. **Desidratação osmótica como alternativa tecnológica para a preservação do gengibre**. 2014, 109p, Tese (Doutorado em Nutrição), Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE. 2014.

SOUZA NETO, M. A. **Desidratação osmótica de manga Coité com e sem utilização de vácuo com complemento de secagem em estufa**. 2002, 65p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE. 2002.

SOUZA, R. S.; ARBAGE, A. P.; NEUMANN, P. S.; FROEHLICH, J. M.; DIESEL, V.; SILVEIRA, P. R.; SILVA, A. Comportamento de compra dos consumidores de frutas, legumes e verduras na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural**, v.38, n. 2, p.511-517, 2008.

SUTAR, P. P.; GUPTA, D. K. Mathematical modelling of mass transfer in osmotic dehydration of onion slices. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 90–97, 2007.

SGANZERLA, M. **Análise das etapas de produção de conservas de tomate seco produzidas em uma agroindústria local**. 2010. 51 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves – RS, 2010.

SHIGEMATSU, E.; EIK, N. M.; KIMURA, M.; MAURO, M. P.; Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p.536-545, 2005.

SMELTZER, S. C.; BARE, B. G. Brunner & Suddarth. **Tratado de Enfermagem médico-Cirúrgica**. ed. 10. v. 3. Rio de Janeiro. 2006.

SCHNEIDER, F. **Análise Sensorial para bebidas lácteas fermentadas**. SENAI – RS, 2006.

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVERS, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v. 52, n. 2, p. 48-52, 1998.

STRUMILLO, C.; KRUDA, T. Drying: principles, applications and design. **Gordon and Beach Science Publishers**: New York, 1986, 448p.

TAN, M.; CHUA, K. J.; MUJUNDAR, A. S.; CHOU, S. K. Effect of osmotic pre-treatment and infrared radiation on drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. **Drying Technology**, v.19, n. 9, p.2193-2207, 2001.

TELIS, V. R. N.; MURARI, R. C. B. D. L.; YAMASHITA, F. Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 6, n. 2, p. 253 - 259, 2004.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2009.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Osmotic dehydration of tomato in ternary solution: influence of process variables on mass transfer kinetics and an evaluation of the retention of carotenoids. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 4, p. 509-517, 2007.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da Desidratação Osmótica de Tomate em Soluções Ternárias pela Metodologia de Superfície de Resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimento**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 715-723, 2006.

TORGRUL, I. T.; PEHLIVAN, D. Modelling of thin layer drying kinetics of some fruits under open-air sun drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 413-425, 2004.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruits processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n.4, p. 247-255, 2001.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

TSAMAO, C. V. P.; BILAME, A.; NDJOUENKEU, R.; NONO, Y. J. Study of material transfer during osmotic dehydration of onion slices (*Allium cepa*) and tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*). **Food Science and Technology**, Oxford, v. 38, n. 5, p. 495-500, 2005.

TSUDA, J.; CARVALHO, A. C. B.; COSTA, A. B. S.; FREIRE, F. B. ANÁLISE DA SECAGEM CONVECTIVA DE FATIAS DE BERINJELA. **X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica**. Blucher Chemical Engineering Proceedings, V.1, n. 1. 2014.

UDDIN, M. B.; AINSWORTH, P.; İBANOĞLU, S. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 473-477, 2004.

VALENTE, A. P. S. S. **Desidratação osmótica e secagem de abacaxi (Ananás comosus (L.) merril), variedade pérola**. 142 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade estadual de Campinas, 2007.

VEGA, A.; FITO, P.; ANDRÈS, A.; LEMUS, R. Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 4, p.1460-1466, 2007.

VIANA, A. D. **Desidratação osmótica com pulso de vácuo de fatias de tomate cultivar Carmen**. 2014. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras -MG, 2014.

VIERA, J. A. G. **Propriedades termofísicas e convecção no escoamento laminar de suco de laranja em tubos**. 1994. 140f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

VISHWANATHAN, K. H.; HEBBAR, H. U.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Hot air assisted infrared drying of vegetables and its quality. **Food Science and Technology Research**, v. 16, n. 5, p. 381 - 388, 2010.

VU, T. S.; SMOUT, C.; SILA, D. N.; LYNGUYEN, B.; VAN LOEY, A. M. L.; HENDRICKX, M. E. G. Effect of Preheating on Thermal Degradation Kinetics of Carrot Texture, Innovative **Food Science & Emerging Technologies**. v. 5, p. 37-44, 2004.

WERKEMA, M. C. C.; AGUIAR, S. Planejamento e análise de experimentos: como identificar e avaliar as principais variáveis influentes em um processo. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, v. 8, 1996.

ZABALETA, J. P.; TREPTOW, R. O.; FERRI, N. M. L. Avaliação sensorial de cebolinha (*Allium cepa*, L.) orgânica para conserva Sensorial. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 241- 244. 2007.

ZAMBIAZI, R. C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010. SAS Institute. System for Information, versão 8.0. Cary. 1 CD Rw. 2010.

ZENOOZIAN, M. S.; FENG, H.; RAZAVI, S. M. A.; SHAHIDI, F.; POURREZA, H. R. Image analyses and dynamic modeling of thin-layer drying of osmotically dehydrated pumpkin. **Journal of food Processing and Preservation**, Westport, v. 32, n. 1, p 88-102, 2008.

APÊNDICE A

Tabela A.1 - Análise de variância dos valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	4,31323	1,07831	10,9792 **
Resíduos	10	0,98213	0,09821	
Total	14	5,29536		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste

Tabela A.2 - Análise de variância dos valores médios da cinza das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	97,31891	24,32973	12,5701 **
Resíduos	10	19,35527	1,93553	
Total	14	116,67417		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela A.3 - Análise de variância dos valores médios dos sólidos Totais das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	15708,30969	3927,07742	139,5303 **
Resíduos	10	281,44980	28,14498	
Total	14	15989,75949		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela A.4 - Análise de variância dos valores médios da acidez titulável das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	2,00517	0,50129	606,9767 **
Resíduos	10	0,00826	0,00083	
Total	14	2,01343		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela A.5 - Análise de variância dos valores médios do pH das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	3,06823	0,76706	1950,1441 **
Resíduos	10	0,00393	0,00039	
Total	14	3,07216		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste

Tabela A.6 - Análise de variância dos valores médios do sódio das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	2024,91733	506,22933	92,6707 **
Resíduos	10	54,62667	5,46267	
Total	14	2079,54400		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

APÊNDICE B

Tabela B.1 - Análise de variância dos valores médios do teor de água das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	15703,14116	3925,78529	139,3885**
Resíduos	10	281,64340	28,16434	
Total	14	1136,79180		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela B.2- Análise de variância dos valores médios da Atividade de água (a_w) das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,83196	0,20799	30289,868 **
Resíduos	10	0,00007	0,00001	
Total	14	0,83203		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela B.3 - Análise de variância dos valores médios da Intensidade luminisidade (L^*) das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	4028,07644	1007,01911	1783,9977 **
Resíduos	10	5,64473	0,56447	
Total	14	4033,72117		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela B.4 - Análise de variância dos valores médios da Intensidade de vermelho (+a) das fatias de berinjela secas, em função das diferentes temperaturas de secagem

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	255,01689	63,75422	748,1134 **
Resíduos	10	0,85220	0,08522	
Total	14	255,86909		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela B.5 - Análise de variância dos valores médios da Intensidade de amarelo (+b) das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	666,95191	166,73798	113,5590 **
Resíduos	10	14,68293	1,46829	
Total	14	681,63484		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela B.6- Análise de variância dos valores médios da firmeza das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	4919,05144	1229,76286	54,9085 **
Resíduos	10	223,96573	22,39657	
Total	14	5143,01717		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela B.7 - Análise de variância dos valores médios da mastigabilidade das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	717,75971	179,43993	6,5591 **
Resíduos	10	273,57487	27,35749	
Total	14	991,33457		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela B.8 - Análise de variância dos valores médios da elasticidade das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,00178	0,00045	0,8266 ns
Resíduos	10	0,00540	0,00054	
Total	14	0,00718		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela B.9 - Análise de variância dos valores médios da coesividade das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,05869	0,01467	2,1708 ns
Resíduos	10	0,06758	0,00676	
Total	14	0,12627		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

APÊNDICE C

Tabela C.1 - Análise de variância dos valores médios do K das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	52,23596	13,05899	244856,06 **
Resíduos	10	0,00053	0,00005	
Total	14	52,23649		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela C.2 - Análise de variância dos valores médios do Ca das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	1,82092	0,45523	17028,538 **
Resíduos	10	0,00027	0,00003	
Total	14	1,82119		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela C.3 - Análise de variância dos valores médios do P das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,56356	0,14089	10462,066 **
Resíduos	10	0,00013	0,00001	
Total	14	0,56369		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela C.4 - Análise de variância dos valores médios do Cl das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	49,68511	12,42128	465797,87 **
Resíduos	10	0,00027	0,00003	
Total	14	49,68537		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela C.5 - Análise de variância dos valores médios do S das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,11438	0,02859	2,1228 ns
Resíduos	10	0,13470	0,01347	
Total	14	0,00300		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela C.6 - Análise de variância dos valores médios do Fe das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,00418	0,00104	127,4080 **
Resíduos	10	0,00008	0,00001	
Total	14	0,00426		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela C.7 - Análise de variância dos valores médios do Zn das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,06797	0,01699	2474,6748 **
Resíduos	10	0,00007	0,00001	
Total	14	0,06804		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela C.8 - Análise de variância dos valores médios do Cu das fatias de berinjela in natura, osmodesidratada e secas em diferentes temperaturas

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,00266	0,00066	498,0500 **
Resíduos	10	0,00001	0,00000	
Total	14	0,00267		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

APÊNDICE D

Tabela D.1 - Análise de variância do teor de água da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	64,73603	21,57868	0,6309 ns
Resíduos	8	273,62773	34,20347	
Total	11	338,36377		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.2 - Análise de variância da a_w da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	0,00046	0,00015	47,3846 **
Resíduos	8	0,00003	0,00000	
Total	11	0.00049		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.3 - Análise de variância do °Brix da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	9,18000	3,06000	111,2727 **
Resíduos	8	0,22000	0,02750	
Total	11	9,40000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.4 - Análise de variância de cinzas da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	58,38936	19,46312	53081,234 **
Resíduos	8	0,00293	0,00037	
Total	11	58,39229		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.5 - Análise de variância dos Sólidos totais da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	64,97129	21,65710	0,6337 ns
Resíduos	8	273,40280	34,17535	
Total	11	338,37409		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.6 - Análise de variância da acidez total titulável da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	1,12984	0,37661	388,1228 **
Resíduos	8	0,00776	0,00097	
Total	11	1,13760		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.7 - Análise de variância do pH da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	3,19057	1,06352	37,0028 **
Resíduos	8	0,22993	0,02874	
Total	11	3,42050		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.8 - Análise de variância da luminosidade (L^*) da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	60,70267	20,23422	50,1571 **
Resíduos	8	3,22733	0,40342	
Total	11	63,93000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.9 - Análise de variância da intensidade de vermelho (a^*) da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	8,23870	2,74623	104,7847 **
Resíduos	8	0,20967	0,02621	
Total	11	8,44837		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0, 01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela D.10 - Análise de variância da intensidade de amarelo (b*) da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	148,94189	49,64730	29,9208**
Resíduos	8	13,27433	1,65929	
Total	11	162,21623		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

APÊNDICE E

Tabela E.1 - Análise de variância para o atributo aparência do teste de aceitação da análise sensorial da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	8.50000	2.83333	1.0143 ns
Resíduos	196	547.48000	2.79327	
Total	199	555.98000		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela E.2 - Análise de variância para o atributo aroma do teste de aceitação da análise sensorial da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	5.93500	1.97833	0.6023 ns
Resíduos	196	643.82000	3.28480	
Total	199	649.75500		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela E.3 - Análise de variância para o atributo cor do teste de aceitação da análise sensorial da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	1.97500	0.65833	0.2510 ns
Resíduos	196	514.02000	2.62255	
Total	199	515.99500		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela E.4 - Análise de variância para o atributo sabor do teste de aceitação da análise sensorial da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	33.25500	11.08500	0.3657 ns
Resíduos	196	5941.34000	30.31296	
Total	199	5974.59500		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

Tabela E.5 - Análise de variância para o atributo textura do teste de aceitação da análise sensorial da conserva de berinjela com diferentes condimentos

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	142.25500	47.41833	1.0687 ns
Resíduos	196	8696.74000	44.37112	
Total	199	8838.99500		

ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L.- Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável de teste F

ANEXOS

Anexo I - Termo de consentimento livre e esclarecido

ESTUDO: BERINJELA (*Solanum melongena* L.)

OSMODESIDRATADAPARA A OBTENÇÃO DE CONSERVA:
OTIMIZAÇÃO E CINÉTICA DE SECAGEM

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.

Eu, (inserir o nome, profissão) _____

residente e domiciliado na _____

_____, portador da Cédula de identidade,

RG _____, e inscrito no CPF:

_____ nascido (a) em ____ / ____ / _____, abaixo

assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar como

voluntário(a) do estudo “BERINJELA OSMODESIDRATADA PARA A

OBTENÇÃO DE CONSERVA: OTIMIZAÇÃO E CINÉTICA DE

SECAGEM”. Declaro que obtive todas as informações necessárias,

bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por

mim apresentadas.

Figura 2 – Termo de consentimento e esclarecimento do projeto de pesquisa.

Estou ciente que:

- I) O estudo se faz necessário para que seja avaliada a preferência do provador, quanto aos melhores tratamentos para obtenção da conservação de berinjela com diferentes condimentos. Tenho consciência, das possíveis alergias ou alterações metabólicas que poderão ser causadas pelo produto, caso seja alérgico a gergelim, e/ou celíaco.
- II) Essa (s) coleta(s) serão feitas apenas para este estudo, com resguardo da identidade do provador.
- III) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- IV) A desistência não causará nenhum prejuízo à minha saúde ou bem estar físico;
- V) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados;
- VI) Caso eu desejar, poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa.

() Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

() Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

IX) Observações Complementares;

X) Caso me sinta prejudicado (a) por participar desta pesquisa, poderei recorrer ao CEP/HUAC, do Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos do Hospital Universitário Alcides Carneiro, ao Conselho Regional de Medicina da Paraíba e a Delegacia Regional de Campina Grande.

Campina Grande, 24 de Setembro de 2014.

Testemunha 1 : _____

Nome / RG / Telefone

Testemunha 2 : _____

Nome / RG / Telefone

Responsável pelo Projeto: Flávio Farias Gurjão

Telefone para contato: (83) 87556846

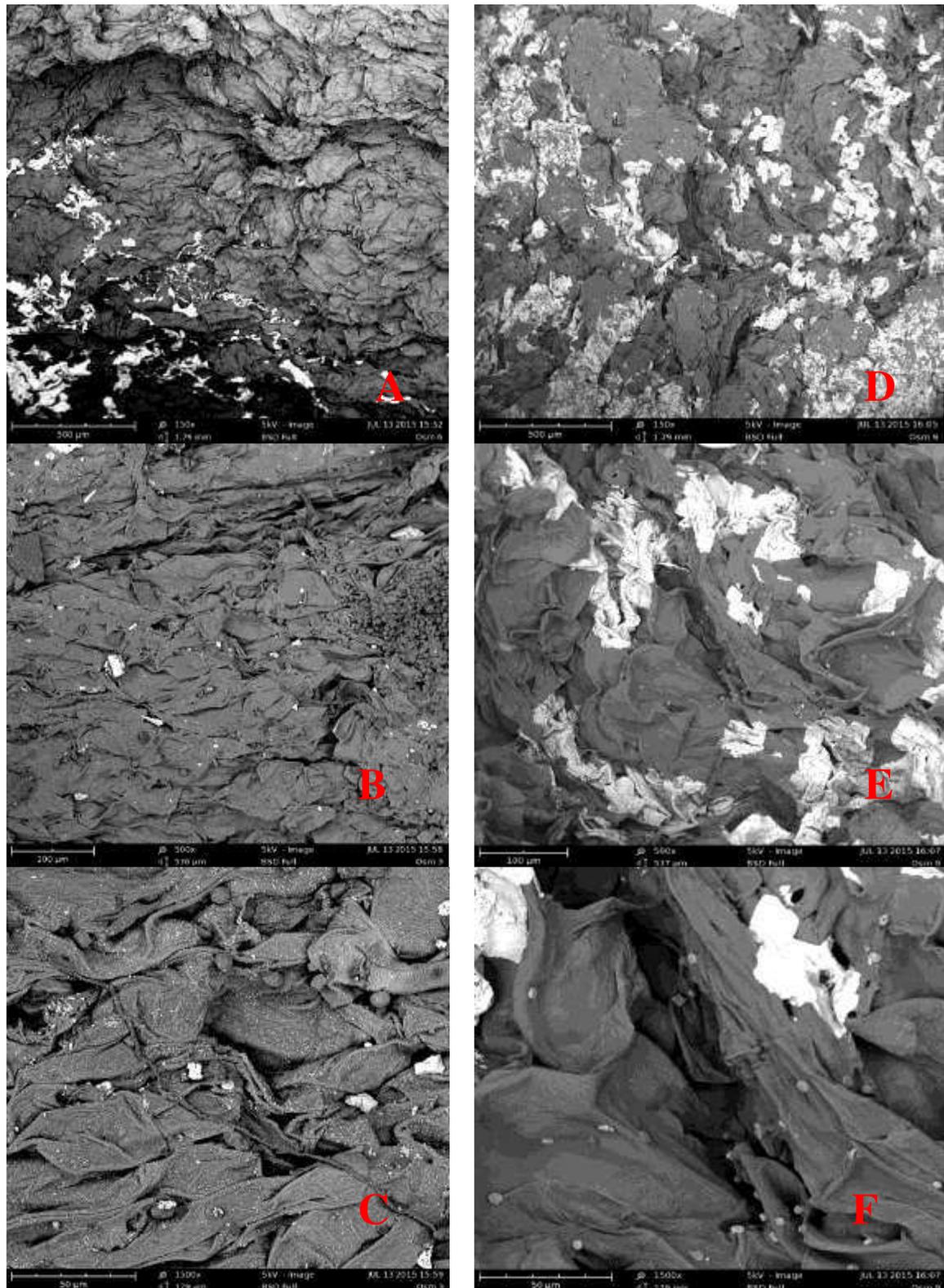


Figura 3 - Microscopia óptica de fatias de berinjelas desidratadas osmoticamente em soluções ternárias (água/açúcar/NaCl) em concentração de 6% de NaCl com aumento de 100 (A), 500x (B) e 1500x (C) e desidratadas osmoticamente em soluções ternárias (água/açúcar/NaCl) em concentração de 9% de NaCl com aumento de 100 (D), 500x (E) e 1500x (F)