

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE  
UVAS DA CULTIVAR CRIMSON**

Luis Carlos Pita de Almeida

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Co-orientadores: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lucimar Pacheco Gomes da Rocha  
Dr<sup>a</sup> Ana Cecilia Poloni Rybka  
Dr Lindomar Alberto Lerin

Florianópolis/SC

2013



Luis Carlos Pita de Almeida

**DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE  
UVAS DA CULTIVAR CRIMSON**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Área de concentração: Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

Co-orientadores: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lucimar Pacheco Gomes da Rocha;  
Dr<sup>ª</sup> Ana Cecilia Poloni Rybka;

Florianópolis/SC

2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Almeida, Luis Carlos Pita de  
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE UVAS DA  
CULTIVAR CRIMSON / Luis Carlos Pita de Almeida ;  
orientadora, Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz ; co-  
orientadora, Lucimar Pacheco Gomes da Rocha. -  
Florianópolis, SC, 2013.  
105 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Alimentos.

Inclui referências

1. Engenharia de Alimentos. 2. Uva cultivar Crimson. 3.  
Desidratação Osmótica. 4. Secagem Convectiva. 5. Uva Passa.  
I. Fritz, Alcilene Rodrigues Monteiro. II. Rocha, Lucimar  
Pacheco Gomes da. III. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Alimentos. IV. Título.

# DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE UVAS DA CULTIVAR CRIMSON

Por

**Luis Carlos Pita de Almeida**

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Alimentos**, área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz  
Orientador

---

Prof. Dr. João Borges Laurindo  
Coordenador

Banca Examinadora:

---

---

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

**OBS.: SERÁ SUBSTITUÍDA PELA FOLHA COM AS ASSINATURAS  
DA BANCA**

Florianópolis, 24 de abril de 2013.



*A razão deste trabalho foi Lais e Livia*





## AGRADECIMENTOS

*A Deus, por ter iluminado todos os lugares por onde passei e pessoas que encontrei;*

*A minha esposa e companheira Mônica, que passou junto comigo, por todos os sentimentos que senti nesta caminhada, ajudou na realização de diversas atividades deste trabalho e por tudo;*

*Como o número de pessoas que possibilitaram a conclusão deste trabalho foi tão grande que me sinto incapaz de citar nomes, por temer o esquecimento, e deixar de citar alguém que tanto contribuiu para esta obra, estando todos lembrados em nome de:*

*- Professora Luciana Cavalcante, representando os amigos do IF Sertão – PE, Campus Petrolina e Campus Floresta, que tanto me ajudaram, apoiaram e me aguentaram;*

*- Professora Alcilene Monteiro e Lindomar Lerin, na responsabilidade de representar a UFSC;*

*- Professora Lucimar Pacheco;*

*- Dra. Ana Cacília, representando os amigos da Embrapa Petrolina;*

*- Silvâna Martins, aos amigos do Senai Petrolina;*

*- Alcidão, em nome dos colegas do Minter/Dinter, por tudo que nós passamos;*

*- Para todos que participaram de forma direta e indireta na construção deste tão sofrido e suado trabalho, que sem vocês não dava para chegar ao final.*

*Ao IF Sertão – PE, pelas oportunidades cedidas e mais facilitar e disponibilizar a realização de parte das pesquisas;*

*A UFSC pelas oportunidades e mais a disponibilização da realização de parte das pesquisas;*

*A Embrapa Semiárido – Petrolina, por disponibilizar a realização de parte das pesquisas;*

*Ao Senai Petrolina, por disponibilizar a realização de parte das pesquisas;*

*A Univasf;*

*A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco e a CAPES pelo apoio financeiro para a execução deste Convênio.*

*Meus sinceros agradecimentos.*

Os humanos são seres que evoluíram no tempo vivendo em sociedade, e sempre a vida está nos lembrando de que sempre vamos precisar do outro, então, trabalho de pesquisa é trabalho em equipe.

(Luis Carlos Pita de Almeida, 2013)



## RESUMO

A uva passa é um alimento amplamente consumido no Brasil, como consumo direto e também quando aplicadas em produtos alimentícios, como panetones, bolos, sorvetes, barras de cereais, entre outros, além de refinados pratos da alta gastronomia. Entretanto, o Brasil não possui produção suficiente para atender a toda esta demanda, importando quase toda a uva passa consumida no país, principalmente da Argentina, Chile, Turquia e Irã. Por outro lado, o país já possui uma tradição e domínio das técnicas de produção de uvas, como na região do Vale do Submédio São Francisco, uma grande produtora desta fruta e responsável por aproximadamente 98 % das exportações brasileiras. A exportação de uva *in natura* gera uma considerável quantidade da fruta não aprovada (refugo) para exportação, devido à elevada exigência do mercado quanto à qualidade da uva dos países compradores, mas estando perfeitamente próprias para o consumo *in natura* ou industrialização, como a produção de passa, sucos, geleias e outros produtos. A uva passa sem sementes tem a preferência dos consumidores, e sabendo desta informação, muitos produtores do Vale do Submédio São Francisco, vem tentando transformar parte do refugo da exportação em uva passa, encontrando uma grande dificuldade de obter produtos padronizados e com boas qualidades organolépticas. Com isto, este trabalho teve como objetivo estudar o processo de desidratação de uva sem semente de a cultivar Crimson para produção de passas. Inicialmente foi feito a ruptura da casca com NaOH, seguido de um pré-tratamento osmótico das uvas *in natura* em solução a 40 °Brix por 6 horas e 34 °C de temperatura e, secagem convectiva nas temperaturas de 50 °C e 70 °C das amostra com e sem pré-desidratação osmótica. Os resultados mostraram que houve uma redução no tempo de secagem de 5 horas para as amostras com pré-desidratação osmótica com relação as amostras sem pré-desidratação osmótica nas duas temperaturas de secagem e de 11 horas quando submetidas a secagem de 70 °C em relação a 50 °C. As amostras submetidas aos tratamentos não apresentaram diferença significativa com 95 % de significância nas suas características físico-químicas e teores de açúcares. Deste modo, este trabalho apresenta resultados que contribuem para o aproveitamento de uvas sem sementes de a cultivar Crimson produzidas no Vale do Submédio São Francisco tendo como consequência um produto de valor agregado.

Palavras-chave: Uva cultivar Crimson. Desidratação Osmótica. Secagem Convectiva. Uva Passa



## ABSTRACT

Raisins are a food widely consumed in Brazil, both in direct consume and as a component of food products such as panettone, cakes, ice cream, cereal bars, among others, until in the refined dishes of haute cuisine. Brazil, however, does not produce enough to meet all this demand having to import almost all the raisins consumed in the country, mainly from Argentina, Chile, Turkey and Iran. On the other hand, the country has tradition and mastery of the techniques of grape production, such as in the Valley of the Lower Basin San Francisco, a major producer of this fruit and which accounts for approximately 98% of Brazilian exports of grape. The export of fresh grapes generates a considerable amount of discarded fruits due to the high quality standards demanded by the importing countries and although these fruits are not suited for export are perfectly suitable for fresh or manufactured consumption, as raisins, juices, jellies and other products. As most consumers prefer seedless grapes, many producers from the Valley of the Lower Basin San Francisco are trying to transform part of their export discards in raisins but are finding great difficulty in obtaining standardized products with good organoleptic qualities. Given this, this work aimed to study the process of dehydration of seedless grape cultivar Crimson for raisin production purposes. We initially made the disruption of the shells with NaOH, followed by an osmotic pre-treatment of the fresh grapes with a solution at 40 °Brix for 6 hours and 34 °C temperature, and the convective drying at temperatures of 50 °C and 70 °C of the samples with and without pre-osmotic dehydration. The results showed a reduction in the drying time of 5 hours for the samples with pre-osmotic dehydration compared with the samples without pre-osmotic dehydration in the two drying temperatures and of 11 hours when subjected to drying at 70 °C compared to 50 °C. Samples submitted to treatment did not presented significant differences, with 95 % of statistical significance in their physico-chemical characteristics and sugars content. Thus, this paper presents results that contribute to the use of seedless grapes of the cultivar Crimson produced in the Valley of the Lower Basin San Francisco resulting in a value-added product.

**Keywords:** Grape cv. Crimson. Osmotic dehydration. Convective drying. raisin





## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Principais fluxos de transferência de massa que ocorrem durante a desidratação osmótica .....	31
<b>Figura 2:</b> Curvas típicas de secagem (Park et al., 2001a) .....	38
<b>Figura 3:</b> Curva típica das isoterms de sorção. ....	47
<b>Figura 4:</b> Representação gráfica dos valores $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ e Sistema de cores Munsell. ....	53
<b>Figura 5:</b> Fotos ilustrativas do processo utilizado para o rompimento da casca. (a) Durante o processo, (b) após o processo de rompimento. ....	56
<b>Figura 6:</b> Fotos ilustrativas do aparato experimental utilizado na desidratação osmótica das uvas da cultivar Crimson. (a) Câmara de desidratação, (b) banho termostático .....	56
<b>Figura 7:</b> Secador convectivo utilizado no estudo para secagem de uva Crimson. ....	59
<b>Figura 8:</b> Ilustração das uvas utilizadas no trabalho antes do tratamento com NaOH (a) e após o tratamento com NaOH (b). ....	67
<b>Figura 9:</b> Cinética de D.O. para determinação do tempo de imersão da uva cv. Crimson em solução osmótica de 40 °Brix e 40 °C (Desvio padrão variou entre 0,1 e 0,4).....	68
<b>Figura 10:</b> Diagrama de Pareto para os efeitos das variáveis avaliadas sobre a desidratação osmótica de uva cv. Crimson.....	70
<b>Figura 11:</b> Cinéticas de D.O. de uvas cv.Crimson, em três concentrações da calda de imersão e temperatura de 34 °C (umidade em base úmida).....	71
<b>Figura 12:</b> Cinética de secagem com 50 °C, sem e com tratamento osmótico de 40 e 50 °Brix e 1,5, 6 e 12 horas de imersão a 34 °C.....	72
<b>Figura 13:</b> Cinética de secagem com 70 °C, sem e com tratamento osmótico com 40 e 50 °Brix e 1,5, 6 e 12 horas de imersão.....	73

**Figura 14:** Cinéticas de secagens com os ajustes das curvas de secagens pelo modelo de Peleg para uva Crimson a 50 (a) e 70 °C (b), sem e com D.O. de 1,5 (a1,b1), 6 (a2,b2) e 12 (a3,b3) horas de imersão. Com a umidade dada em adimensional de base seca (MR).....76

**Figura 15:** Taxa de secagem de uva Crimson a 50 (a) e 70 °C (b), sem e com D.O. de 1,5 (a1,b1), 6 (a2,b2) e 12 (a3,b3) horas.....77

**Figura 16:** Isotermas de sorção sem (a) e com (b) D.O. de 40 °Brix por 6 horas a 34 °C e secagem convectiva a 50 (1) e 70 °C (2).....79

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Atividade de água mínima para o desenvolvimento de alguns microrganismos. ....	45
<b>Tabela 2:</b> Alguns modelos para ajustes de isotermas de sorção de umidade. ....	50
<b>Tabela 3:</b> Faixa de estudo das variáveis independentes da matriz do planejamento de experimento $2^2$ para a avaliação da desidratação osmótica em uva Crimson. ....	58
<b>Tabela 4:</b> Propriedades físico-químicas da uva Crimson <i>in natura</i> . ....	67
<b>Tabela 5:</b> Matriz com os níveis reais e codificados do planejamento experimental fatorial $2^2$ , para a avaliação da desidratação osmótica em uva Crimson. ....	69
<b>Tabela 6:</b> Resultados dos ajustes do modelo de Peleg na secagem de uva Crimson com D.O. de 1,5 horas de imersão a 34 °C. ....	74
<b>Tabela 7:</b> Resultados dos ajustes do modelo de Peleg na secagem de uva Crimson com D.O. de 6 horas de imersão a 34 °C. ....	74
<b>Tabela 8:</b> Resultados dos ajustes do modelo de Peleg na secagem de uva Crimson com D.O. de 12 horas de imersão a 34 °C. ....	75
<b>Tabela 9:</b> Resultados dos ajustes dos modelos de Peleg e GAB nas isotermas de sorção de uvas passas da cultivar Crimson a 25 °C. ....	78
<b>Tabela 10:</b> Análises físico-químicas das uvas passas e <i>in natura</i> .....	80
<b>Tabela 11:</b> Avaliação de textura, cor e açúcares nas uvas passas e <i>in natura</i> . ....	81



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>25</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	25
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>27</b>
3.1 A CULTURA DA VIDEIRA (HISTÓRICO) .....	27
3.2 PRODUÇÃO DE UVAS NO BRASIL E SUBMÉDIO VALE DO SÃO FRANCISCO .....	28
3.3 A VARIEDADE DE UVA CRINSOM .....	28
3.4 DESIDRATAÇÃO DE FRUTAS .....	28
3.5 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA (D.O.) .....	30
3.6 SECAGEM CONVECTIVA .....	35
3.7 QUALIDADE DO PRODUTO FINAL .....	42
<b>Teor de umidade e atividade de água</b> .....	<b>43</b>
<i>Curva de sorção</i> .....	46
<i>Cor</i> .....	51
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>55</b>
4.1 MATÉRIA PRIMA .....	55
4.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE UVAS DA CULTIVAR CRIMSON .....	55
4.2.1 Rompimento da casca .....	55
4.2.2 Desidratação osmótica .....	56
4.2.3 Preparo das soluções osmóticas .....	56
4.2.4 Avaliação do efeito da temperatura e da concentração de açúcar da calda na desidratação osmóticas de uvas da cultivar Crimson .....	57
<i>Teste preliminar: Cinética de Desidratação Osmótica para determinação do tempo de imersão</i> .....	<b>57</b>

<i>Avaliação da influência da concentração de açúcar na calda e da temperatura na perda de água durante a desidratação osmótica de uvas da cultivar Crimson utilizando a técnica de planejamento experimental</i> .....	58
<i>Cinética para avaliação do efeito da concentração de sacarose na desidratação osmótica</i> .....	58
4.3 SECAGEM CONVECTIVA DE UVAS DA CULTIVAR CRIMSON	59
4.3.1 Cinética de secagem .....	60
4.3.2 Análises Físico-químicas .....	60
4.3.3 Extração e análise de taninos e antocianinas .....	62
4.3.4 Isotermas de Sorção .....	63
4.3.5 Açúcares (Sacarose, Frutose e Glicose) .....	64
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	65
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>67</b>
5.1 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA UVA CRIMSON IN NATURA .....	67
5.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA (D.O.) .....	68
5.3 SECAGEM CONVECTIVA .....	72
5.4 CURVAS DE SORÇÃO DE UMIDADE DAS UVAS PASSA .....	78
5.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS UVAS PASSA .....	79
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>83</b>
<b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>83</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>85</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas. Entretanto, devido à alta perecibilidade das frutas e a pouca utilização de tratamentos e manuseio pós-colheita eficientes, como transporte e armazenamento, o país apresenta altas perdas pós-colheita (VALENTE, 2007), estimando-se que as perdas pós-colheita de frutas e hortaliças esteja em torno de 40 % da produção total (RINALDI, 2011).

Os processos industriais em que há redução da atividade de água das frutas podem ser aplicados, surgem como uma das alternativas para minimizar os problemas pós-colheita e com vantagens em relação ao produto *in natura* pela redução no custo de transporte e armazenamento, estabilidade microbiológica e química, aumento na oferta na entressafra, redução nas perdas devido à deterioração e agregação de valor ao produto (ANDRADE et al., 2003).

Como a secagem de frutas, em geral, preserva a maior parte das qualidades intrínsecas do alimento e ainda evita o uso de aditivos químicos na sua produção e conservação, esse método torna-se uma alternativa promissora, pois transforma um produto com baixo valor comercial em um produto de elevado valor agregado. Além disso, esse tipo de produto se encaixa em um nicho de mercado em expansão, devido às mudanças no perfil dos consumidores na busca por alimentos funcionais, com maior tempo de conservação e que proporcione um aproveitamento integral do produto (PENSA, 2008).

Apesar dos aspectos positivos, a secagem pode alterar algumas características sensoriais e valor nutricional dos alimentos, sendo a intensidade dessas alterações, dependente das condições utilizadas no processo de secagem e das características próprias de cada produto (SANTOS, 2011).

O uso de pré-tratamentos (desidratação osmótica, branqueamento, fermentação, sulfitação) melhora algumas propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais do produto seco (TORREGGIANI e BERTELO, 2001) como exemplo, parâmetros como a cor, sabor e aroma de frutas, sensíveis à secagem por convecção em ar quente, foram melhorados através da etapa prévia de desidratação osmótica (IKOKO e KURI, 2007). Além disso, a desidratação osmótica melhora a textura e a estabilidade dos pigmentos durante a secagem e o armazenamento de frutas secas (RIVA et al., 2005).

A uva passa está entre as principais frutas desidratadas com seu consumo em pleno crescimento. Além de seu consumo direto, a uva passa é ingrediente na indústria de alimentos como, por exemplo, a de sorvetes e

panificação. Sendo o panetone como representante desta última, uma vez que o Brasil apresenta a maior produção mundial de panetones. O desafio do alto consumo, é que o Brasil ainda não apresenta produção significativa de uvas passas, sendo abastecido por produto importado (PENSA, 2008), principalmente da Argentina, Chile, Turquia e Irã (MELLO e MACHADO, 2013). Nos últimos anos se observa um aumento significativo nas importações de uva passa, passando de 5.310 toneladas em 1983 (ALBUQUERQUE et. al., 1987), para 15.596,613 toneladas em 2005 (FELDBERG et. al., 2008), 22.656,209 toneladas no ano de 2009 (EMBRAPA, 2010) e chegando a 24.613 toneladas em 2012 (MELLO, 2013), levando a uma evasão de divisas na ordem de US\$ 32.648.157 em 2009 (EMBRAPA, 2010) e US\$ 56.696.000 em 2012 (MELLO, 2013). Esses dados mostram que há necessidade do aumento da produção de uvas passas, bem como a melhoria da qualidade e padronização desse produto.

O submédio Vale do São Francisco é uma região exportadora de uva fresca, e exige-se que as uvas tenham alto padrão de qualidade, passando por um processo de controle rigoroso. Esse processo gera elevado nível de descartes de produto por não apresentarem forma, tamanho, peso e cor adequados. Porém essa uva apresenta boa qualidade fisiológica, podendo ser usadas na secagem, reduzindo-se assim perdas de um alimento nobre e diminuição do custo de produção da uva passa. A uva passa é um produto de processamento simples, conserva-se em condições ambiente (sem refrigeração), pode ser produzida em escala artesanal e não apresenta elevado custo de produção em comparação a outras formas de processamento (PENSA, 2008).



## **2 OBJETIVOS**

Estudar o processo de desidratação osmótica e secagem convectiva de uva sem semente da cultivar Crimson produzida no Submédio Vale do São Francisco, para produção de uvas passas.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Avaliar a influência do tempo de imersão, temperatura e diferentes concentrações de solução osmótica com sacarose, no processo de pré-desidratação das uvas;
- b) Avaliar a influência da temperatura e o tempo de secagem na perda de massa;
- c) Avaliar a influencia do processo de pré-desidratação e secagem nas propriedades físico-químicas e teor de açúcares no produto.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção de frutas no Brasil supera 43 milhões de toneladas/ano. A base agrícola da cadeia produtiva das frutas abrange 2,1 milhões de hectares, gera mais de 4 milhões de empregos diretos (2 a 5 pessoas por hectare) e um valor bruto da produção agrícola de R\$ 17,5 bilhões (IBGE, 2010). Conseqüentemente, o segmento da fruticultura está entre os principais geradores de renda, de empregos e de desenvolvimento rural no país (EMBRAPA, 2010).

A produção de uvas de mesa representa um dos mais importantes agonegócios da fruticultura brasileira, destacando-se o pólo Petrolina-PE e Juazeiro-BA (Submédio Vale do São Francisco) como o maior produtor nacional de uvas finas, com uma área colhida de 9.552 hectares (MELLO, 2012a), respondendo por 39,3 % da produção de uva para o consumo *in natura* do país e por 98 % das exportações brasileiras de uvas (SOUZA LEÃO et al., 2011). Esse pólo concentra a maior produção nordestina da fruta, visto que, a localidade possui característica ímpar na produção de uva, pois é único no mundo capaz de produzir mais de duas safras por ano (OLIVEIRA FILHO, 2011).

#### 3.1 A CULTURA DA VIDEIRA (HISTÓRICO)

O cultivo da videira teve início na Ásia Menor, na região entre os mares Negro e Cáspio. Muitos botânicos acreditam que essa região é o berço da *Vitis vinífera* L., espécie da qual a maioria das variedades cultivadas provêm. No Brasil, a viticultura de mesa teve início em 1532, quando as primeiras vinhas foram trazidas para a capitania de São Vicente (MASHIMA, 2000).

O cultivo da uva em Pernambuco remonta à época da colonização. Pereira da Costa, nos seus Anais Pernambucanos, cita o cultivo da parreira já em escala comercial no município de São Vicente Férrer no século XIX, na década de 1960 do século XX, a Cinzano, em Jatobá, e José Molina, em Santa Maria da Boa Vista, foram os responsáveis pelo plantio em escala comercial da viticultura, bem como pela demonstração cabal de sua viabilidade econômica em uma área anteriormente sem produção agrícola (MASHIMA, 2000).

## 3.2 PRODUÇÃO DE UVAS NO BRASIL E SUBMÉDIO VALE DO SÃO FRANCISCO

A produção de uva no Brasil em 2008 foi de 1,4 milhões de toneladas (IBRAVIN, 2010) e em 2011 passou para 1.463.481 toneladas (MELLO, 2012a). Dessa produção, a região do Submédio Vale do São Francisco contribuiu com 265.430 toneladas em 2009 (PETROLINA VALEXPORT, 2010) e 274.095 toneladas em 2011 (MELLO, 2012a), representando aproximadamente 18,73 % da produção nacional em 2011. Os estados de maior produtividade são Rio Grande do Sul, Pernambuco e São Paulo (MELLO, 2012a) e entre os quatro maiores municípios produtores do Brasil estão, Petrolina (PE), Bento Gonçalves (RS), Flores da Cunha (RS) e Caxias do Sul (RS), respondendo juntos por 27,1 % da produção nacional de uvas (IBGE, 2011, *apud* por PORTO, 2011).

## 3.3 A VARIEDADE DE UVA CRINSOM

A variedade de uva Crinsom foi obtida pelo programa de melhoramento genético do Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA/ARS), lançada na Califórnia em 1989 e introduzida no Brasil pelo Instituto Agrônômico de Campinas no mesmo ano (SOARES e LEÃO, 2009; POMMER et al., 1999).

No vale do São Francisco foi introduzida em 1999 (SOUZA LEÃO, 2001) e é uma das mais importantes variedades sem sementes, destacando-se como a segunda variedade sem sementes cultivada no Vale do São Francisco (SOUZA LEÃO, 2001; FELDBERG et al., 2008), devido ao seu atraente cacho médio, grandes bagas rosadas (PORTO, 2011) e com excelente característica sensorial, textura e sabor (FORTEA et al., 2009).

## 3.4 DESIDRATAÇÃO DE FRUTAS

Segundo a RDC (Resolução de Diretoria Colegiada) nº 272 (BRASIL, 2005), fruta seca é o produto obtido pela perda parcial da água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados que possibilitem a manutenção de, no máximo, 25 % de umidade (g/100g). O produto é designado simplesmente pelo nome da fruta que lhe deu origem, seguida da palavra "seca". Os produtos preparados com mais de uma espécie de frutas, terão a designação de "frutas secas mistas",

seguida do nome das frutas componentes. Pode também ser usada a palavra "passa", em lugar de "seca". Ex: uva-passa, jaca-passa (SANTOS, 2011).

A desidratação é um termo amplo referente à remoção de água de um produto por um processo qualquer, exceto pela operação unitária de evaporação. A secagem, por sua vez é um termo mais restrito utilizado para designar a desidratação por meio do emprego de ar aquecido, ou seja, um caso particular da desidratação (FERREIRA, 2003).

A evolução e as descobertas de novas tecnologias e metodologias aconteceram de forma a promover e otimizar o processo de secagem e a melhoria da qualidade do produto final (DOYMAZ e PALA, 2007), preservando suas qualidades nutricionais, aparência, cor, sabor, aroma e textura. Assim, a chave para o sucesso da operação depende da escolha de um ou mais métodos de desidratação adequados para o produto a ser desidratado, do nível de qualidade que se deseja obter e de um custo que possa ser justificado (SOUZA, 2011; SANTOS, 2011).

As principais técnicas de desidratação utilizadas na preservação de frutas e de polpa de frutas são: a secagem convectiva (cabines e túneis com circulação forçada de ar quente), desidratação osmótica, secagem em tambor (*drum drying*), *spray-drying*, secagem a vácuo, liofilização (*freeze drying*), secagem em leito de espuma (*foam-mat drying*), dentre outras (MARQUES, 2008; PORCIUNCULA, 2010; ZOTARELLI, 2010; SOUZA, 2011; SANTOS, 2011; FARIA, 2012).

Nas últimas décadas, a desidratação osmótica tem sido utilizada como pré-tratamento para muitos processos como secagem convectiva, congelamento, secagem a vácuo, ao ar e fritura. Por isso é caracterizada como um dos processos mais adequados para obtenção de produtos de umidade intermediária com boas características sensoriais, melhor qualidade de textura, melhor estabilização da cor e reduzindo perdas de nutrientes, além de realce no sabor sem alterar sua integridade (ALMEIDA et al., 2005; LOMBARDA et al., 2008; ISPIR e TOĞRUL, 2009; PORCIUNCULA, 2010; ZOTARELLI, 2010; SOUZA, 2011; SANTOS, 2011; GERMER et al., 2011; PORTO, 2011, SILVA, 2011).

As uvas contêm uma membrana cuticular contínua cobrindo a epiderme. Esse suporte carrega um filme fino de cera, de natureza hidrofóbica, que estabelece uma barreira efetiva contra a perda de água por parte do fruto. Desta forma, faz-se necessário retirar essa cera ou modificar sua estrutura, tornando-a hidrofílica, com o auxílio de pré-tratamentos químicos, antes de submeter à uva ao processo de desidratação (GABAS, 1998). Os métodos de secagem de uvas e ameixas foram aprimorados pelos turcos, que tratavam essas frutas com solução de soda cáustica diluída, fazendo com que suas cascas ficassem ralas, permitindo uma rápida

evaporação da água. Com isso evitava-se cortá-la, diminuindo o tempo do processo de secagem natural ao sol, tornando-o mais rápido e econômico, além de melhorar a consistência da fruta seca (BAHIA, 2004 *apud* EL-AOUAR, 2005).

Nos dias atuais, a solução á base de soda ainda é utilizada. Carranza-Concha (2012), trabalhando com uvas brancas, cultivar Imperial, observou uma redução do tempo de secagem de 120 horas para 34 horas quando efetuou o pré-tratamento de rompimento da casca com uma solução de hidróxido de sódio a 0,03 %, a 95 °C, e tempo de imersão de 45 segundos.

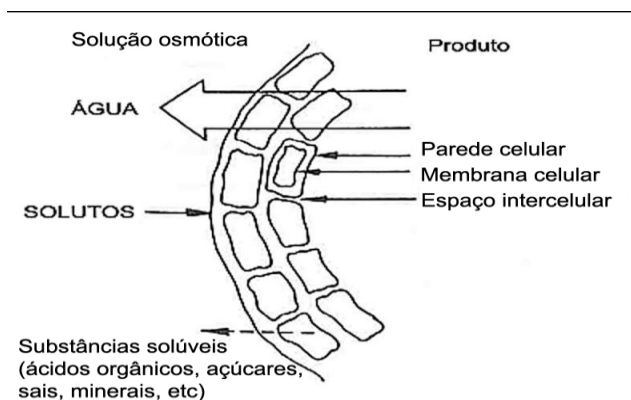
### 3.5 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA (D.O.)

A D.O. é uma operação utilizada para a remoção parcial da água de tecidos celulares, através da imersão do produto inteiro ou em pedaços em soluções aquosas hipertônicas (soluções osmóticas) de um ou mais solutos (RASTOGI et al., 2005).

Os primeiros estudos sobre desidratação osmótica iniciaram com Pointing e colaboradores em 1966, e atualmente tem sido considerada uma importante ferramenta tecnológica para o desenvolvimento de novos produtos, com valor agregado e propriedades funcionais (SPIAZZI e MASCHERONI, 1997; TORREGIANI e BERTOLO, 2001; RASTOGI et al., 2002; ZOTARELLI, 2010).

Durante o processo de desidratação osmótica, a estrutura celular atua como uma membrana semipermeável (SHI e MAUPOEY, 1994). A desidratação ocorre devido à diferença de concentração entre o agente osmótico e a fruta, imersa em solução, de um ou mais solutos e com atividade de água menor que a fruta. Durante o processo, ocorre a transferência de massa em dois fluxos simultâneos e em contra corrente (Figura 1) através das paredes celulares: um de água que sai da fruta para a solução – o mais importante, do ponto de vista da desidratação – e outro de soluto (sal ou açúcar), da solução para a fruta. Além desses, ocorre um terceiro fluxo, menos estudado, que consiste na lixiviação de compostos hidrossolúveis da fruta, como: açúcares, minerais, vitaminas, ácidos orgânicos, entre outros que, embora, proporcionalmente insignificante em relação aos dois fluxos principais, exerce importante papel sobre a qualidade organoléptica (aroma, cor, textura) e nutricional (minerais e vitaminas) do produto final (DALLA ROSA e GIROUX, 2001; DIONELO et al., 2007; QUEIROZ et al., 2007; AMAMI et al., 2008; SOUZA, 2012).

**Figura 1:** Principais fluxos de transferência de massa que ocorrem durante a desidratação osmótica



Fonte: FIOREZE (2004).

O principal mecanismo através da qual a transferência de massa ocorre é a difusão devido ao gradiente de concentração existente entre a fruta e a solução osmótica (IBARZ e BARBOSA-CÁNOVAS, 2003). A taxa de transferência de massa do processo é afetada principalmente pela natureza do fruto (espécie, variedade, grau de maturação, forma e tamanho das amostras, presença de espaços intercelulares, presença de gases, compactação do tecido, atividade enzimática, etc.) e pelas variáveis de processo, como temperatura, composição e concentração da solução osmótica, tempo de imersão, pressão de trabalho (pressão atmosférica ou vácuo), proporção entre as massa de produto e de solução, grau de agitação da solução, entres outras. A aplicação simultânea de outras técnicas, como ultrassom (SIMAL et al., 1998), campo elétrico de alta intensidade (RASTOGI et al., 1999) ou alta pressão hidrostática (RASTOGI et al., 1998), as quais alteram as membranas celulares também modificam as taxas de transferência de massa entre os frutos e a solução osmótica (CHIRALT e TALENS, 2005; ITO et al., 2007; ZOTARELLI, et al., 2012).

A desidratação osmótica não é capaz de reduzir a atividade de água dos alimentos em níveis suficientemente baixos que garantam sua estabilidade, é geralmente usada como pré-tratamento a outros processos para melhorar a qualidade sensorial, melhorar as propriedades funcionais do alimento e reduzir o consumo de energia dos processos posteriores, sem alterar sua integridade (TORREGGIANI, 1993). Assim, a desidratação osmótica pode ser usada como pré-tratamento antes de processos como a secagem convectiva, o congelamento, a liofilização, a secagem a vácuo e

outros (HAWKES e FLINK, 1978; PONTING, 1973; PAES, 2005; SILVA, 2011; ZOTARELLI et al., 2012).

Quando combinada com a secagem convectiva, a D.O. permite uma maior retenção da cor natural do produto, preservação de componentes voláteis, maior qualidade à sua textura, incorporação de solutos, maior retenção de vitaminas, intensificação do *flavor*, minimização do encolhimento, criação de um meio desfavorável às reações enzimáticas e ao crescimento microbiológico e a redução no consumo de energia durante a etapa de secagem (EL-AOUAR e MURR, 2003; RIBEIRO, 2004).

Lima et al. (2000), afirmam que frutas e vegetais são submetidos a pré tratamentos, como a D.O., para melhorar as características de secagem e reduzir efeitos adversos durante o processamento e subsequente armazenagem dos produtos.

Muitos trabalhos têm visado à compreensão do efeito das variáveis de processo e do modo como elas interferem nas propriedades do produto final, durante a desidratação osmótica como tratamento antecedente a outros processos, para um grande número de frutas, como banana (*Musa spp.*) (SOUZA et al., 2003; FERNANDES et al., 2006; AGUIAR, 2006; ZOTARELLI et al., 2012), jenipapo (*Genipa americana* L.) (ANDRADE et al., 2003; ANDRADE et al., 2007), abacaxi (AZEREDO et al., 2000; RASTOGI e RAGHAVAO, 2004; JENA e DAS, 2005; LOMBARDA et al., 2008, SANTOS, 2011), jaca (SILVA, 2011), uva (FELDBERG et al., 2008; PORTO, 2011) e muitas outras.

A concentração e a composição da solução de desidratação osmótica são variáveis que influenciam a perda de água e o ganho de solutos. Raoult-Wack et al. (1992) estudaram a influência da concentração e do peso molecular do soluto na perda de água e no ganho de sólido. Esses autores observaram que em baixas concentrações, o ganho de solutos é maior que a perda da água (efeito de impregnação), mas a medida que a concentração do soluto vai aumentando, alcança um máximo, no qual o ganho de solutos é muito menor que a perda da água (efeito desidratante). Constataram também que a perda da água se incrementava e o ganho de soluto diminuía com o aumento do peso molecular do soluto.

Fioreze (2004) relata que a impregnação é favorecida por solutos de baixo peso molecular, enquanto que a desidratação é favorecida por solutos de alto peso molecular. Assim, uma solução osmótica à base de cloreto de sódio (NaCl, PM = 58,5) será mais eficiente na impregnação do sal no produto, enquanto que uma solução de sacarose (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>, PM = 342) será mais eficiente na desidratação do produto.

Shigimatsu et al. (2005) em seus estudos, informam que o aumento da concentração da solução osmótica, ou da temperatura ou do tempo de



imersão danificam a estrutura celular, diminuindo sua seletividade, favorecendo a entrada de solutos de alto peso molecular, como a sacarose. Ocorre também preenchimento dos espaços intercelulares, podendo aumentar a saída de água das células adjacentes, danificando-as irreversivelmente, comprometendo a qualidade final do produto desidratado.

Eren e Kaymak-Ertekin (2007) ao desidratarem batatas, observaram que solutos de alto peso molecular favorecem a perda de água e ganho de sólidos. Resultados opostos foram obtidos por Azoubel e Murr (2004) ao desidratarem tomate cereja, verificando que a solução osmótica de sal (NaCl) promoveu maior perda de umidade comparado à solução osmótica binária de sacarose e sal.

Lima et al. (2004) avaliaram a estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica sob pressão atmosférica e a vácuo seguido de secagem convectiva. Utilizando sacarose na solução osmótica, esses autores observaram que os produtos mantiveram suas características físico-químicas com pouca variação durante o armazenamento e a avaliação sensorial apresentou boa aceitabilidade durante todo o período de armazenamento.

Celestino (2009), trabalhando com banana-passa (22 % de umidade final), pré-tratadas em solução de sacarose a 60 ° Brix, 30 °C, por 4 horas, com uma relação fruta:solução de 1:4 e secas em secador de bandeja com circulação de ar, observou através da avaliação sensorial que as amostras tratadas com pré-desidratação osmótica, obtiveram uma aceitação de 100 % nos atributos cor, sabor e textura e, 75 % no atributo aroma. A segunda amostra mais bem aceita foi a tratada com solução de sulfito de sódio a 2 %, obtendo uma aceitação de 93,8 % para cor, 81,3 % para aroma, 81,3 % no sabor e 87,5 % na textura. As amostras pré-tratadas com desidratação osmótica e sulfito de sódio obtiveram porcentagens de aceitação bastante superiores às da amostra comercial, que não recebe nenhum tipo de pré-tratamento.

Torreggiani (1993) relata que apesar da temperatura gerar aumento da taxa de osmose, temperaturas acima de 45 °C podem acarretar alterações nas características sensoriais e mudanças na parede celular do fruto.

Murari (2000), avaliou a secagem osmo-convectiva de tomates, com tratamento osmótico de 25 e 35 % de sacarose e 5 e 10 % de NaCl, por um período de 2 e 4 horas, e observou uma redução notável no tempo de secagem em comparação ao tratamento sem D.O.. Além disso, a temperatura de secagem só teve influência no processo acima de 60 °C, utilizando a velocidade do ar igual a 1,5 m.s<sup>-1</sup>.

Kowalska e Lenart (2001) relatam que as taxas de perda de umidade e de incorporação de sólidos nos vegetais são maiores no início da desidratação osmótica, devido ao maior gradiente de pressão osmótica existente entre o alimento e a solução hipertônica, notando-se diminuição da taxa de velocidade de osmose ao longo do tempo.

Park et al. (2002) ao desidratarem cubos de pera, em soluções de sacarose a 40, 55 e 70 °Brix e temperaturas de 40, 50 e 60 °C, relatam que o aumento da concentração da solução para o processo realizado na temperatura de 60 °C provocou maior perda de água e ganho de sólidos.

Azoubel e Murr (2004), ao pesquisarem a desidratação osmótica do tomate cereja, em soluções binárias de cloreto de sódio e sacarose, relataram que soluções de concentrações elevadas apresentam maior perda de água e coeficientes de difusão aparente comparados com as de menor concentração.

Uddin et al. (2004), estudando desidratação osmótica de cenoura, observou que o tempo de imersão teve maior influencia sobre o ganho de sólidos do que a temperatura.

Khoyi e Hesari (2007) ao desidratarem damascos com temperaturas entre 30 e 60 °C verificaram que aumentando o valor desta variável obtinham maiores perdas de umidade e ganho de sólidos, concluindo que a temperatura elevada provoca aumento nos coeficientes de difusão e diminuição da viscosidade da solução osmótica.

Ribeiro et al. (2010) afirmam que a remoção parcial de água dos alimentos osmoticamente desidratados promove a saída de sólidos solúveis do alimento, mas que é quantitativamente desprezível, embora possa repercutir minimamente nas características sensoriais e nutricionais, podendo assim afetar a qualidade do produto (GERMER, 2011).

Porto (2011) relata que a concentração da solução e a natureza dos solutos podem influenciar na taxa de remoção de água e impregnação de solutos no tecido vegetal. Nos trabalhos de desidratação osmótica com uva crimson, esse autor concluiu que a concentração de sacarose e o tempo de imersão apresentaram efeitos positivos sobre o ganho de sólidos e perda de umidade. No entanto, a temperatura da solução não apresentou nenhuma influência no ganho de sólidos e perda de umidade.

Souza (2011), trabalhando com desidratação osmótica e secagem convectiva de jaca, observou que durante a desidratação osmótica, a perda de umidade foi influenciada, em ordem decrescente, pela concentração da solução osmótica, pela temperatura e pelo tempo de imersão, onde o aumento do valor das variáveis eleva a perda de umidade.

Boeira (2005), trabalhando com a desidratação de pêssego, encontrou os seguintes resultados: o sistema de agitação usado teve

influência tanto na perda de água como no ganho de sólidos. A perda de água foi maior para o processo com agitação, nos três intervalos de tempo estudados, sendo a maior diferença relativa para o tempo de 24 horas, onde a agitação representou um aumento relativo de 9,6 % na perda de água, se comparado ao processo sem agitação. Em relação ao ganho de sólidos, para os tempos de 24 e 48 horas, também se observou que a agitação teve uma influência positiva, sendo mais relevante também para o tempo de 24 horas, onde o processo com agitação apresentou um ganho relativo de 39,2 % se comparado ao processo sem agitação, chegando a conclusão que uma avaliação energética se faz necessária para avaliar os custos de agitação no pré-tratamento por D.O. e de secagem final do produto. Essa análise, juntamente com uma avaliação da influência da agitação na qualidade e no rendimento do produto (a agitação poderia provocar danos mecânicos em um sistema em escala industrial) se faz necessária para uma tomada de decisão consistente.

Os principais agentes osmóticos utilizados para frutas são a sacarose, a frutose, a glicose, xarope de milho e para legumes normalmente utiliza-se o cloreto de sódio (LENART, 1996). No Brasil, a ampla disponibilidade de açúcar-de-cana coloca esse agente osmótico como o principal para uso em processos de desidratação osmótica de alimentos (FALCONE e SUAZO, 1988). Além disso, é considerada uma das melhores substâncias osmóticas, principalmente quando a desidratação é utilizada como pré-tratamento para a secagem. A presença deste açúcar na superfície da amostra desidratada é um obstáculo para o contato com o oxigênio, reduzindo as reações oxidativas (CÓRDOVA, 2006). Além desta vantagem, a sacarose preserva o aroma das frutas desidratadas e apresenta custo mais baixo quando comparado com outros solutos.

### 3.6 SECAGEM CONVECTIVA

A secagem é um processo em que a água é removida para impedir ou retardar o crescimento de microrganismos prejudiciais, assim como certas reações químicas. Além da conservação, a secagem, é utilizada para reduzir o custo ou dificuldade de embalagem, manipulação, armazenagem e transporte dos alimentos, com redução do peso e volume (BARBOSA-CÁNOVAS e VEGA-MERCADO, 2000).

Os processos de secagem são distintos e classificados em natural e artificial. No natural, é utilizada a energia solar e eólica enquanto, na secagem artificial, ocorre o emprego de energia térmica e mecânica (secagem convectiva, liofilização, fritura, *puff drying*, entre outras). Apesar

do gasto energético, os métodos artificiais possibilitam um controle eficaz de todo o processo, permitindo um rigor de qualidade padrão e previsão de produção, enquanto a secagem natural é dependente das condições climáticas, estando suscetível a interrupções não programadas (FARIA, 2012).

O processo de secagem não afeta apenas o teor de água, mas também as características físicas, químicas e biológicas do alimento, tais como a atividade enzimática, deterioração microbiana, textura, viscosidade, aroma, gosto e sabor dos alimentos (BARBOSA-CÁNOVAS, 2000). Durante o processo de secagem ocorre transferência simultânea de calor e massa (STRUMILLO et al., 1986). A eliminação de água é geralmente acompanhada por um fenômeno de encolhimento da matriz sólida, que deforma seriamente o produto final (LOUKA et al., 2004).

Na secagem convectiva o calor fornecido pelo ar quente é transferido para o alimento, para garantir o calor latente necessário para que a água da superfície do produto evapore. Um gradiente de pressão de vapor de água é estabelecido a partir do interior úmido do alimento para o ar de secagem, representando a força motriz para a transferência de água (FELLOWS, 2000).

Segundo Fellows (2006), na secagem, a retirada da umidade é obtida pela movimentação da água, por uma diferença de pressão de vapor da água entre a superfície do produto a ser secado e o ar que o envolve. A condição para que um produto seja submetido ao processo de secagem é que a pressão de vapor na superfície do produto seja maior do que a pressão do vapor da água no ar de secagem.

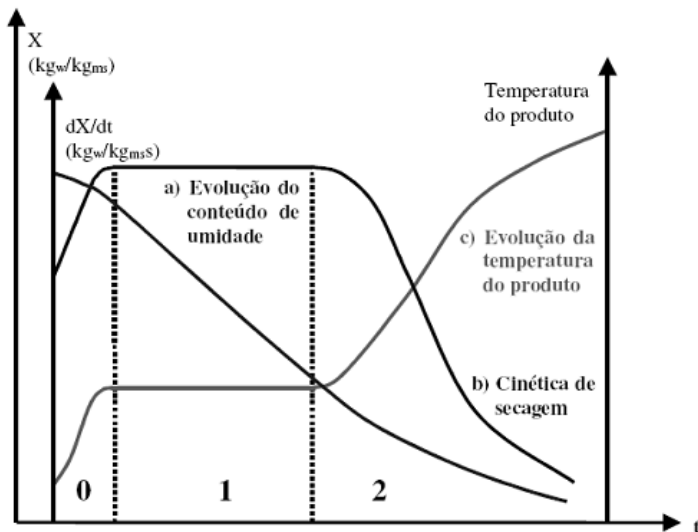
Os mecanismos relacionados com o movimento da água no interior e exterior do alimento ocorrem através de forças capilares, da difusão da água devido aos gradientes de concentração, da difusão na superfície, da difusão do vapor de água nos poros ou ao fluxo devido aos gradientes de pressão e à vaporização-condensação do vapor da água (FELLOWS, 2000; BARBOSA-CÁNOVAS e VEGA-MERCADO, 2000; IBARZ e BARBOSA-CÁNOVAS, 2003).

De acordo com Doymaz (2007), o mecanismo de secagem é estabelecido pela transferência de calor e massa da fruta, durante a secagem, que resulta na remoção da umidade, ocorre por vaporização térmica, com o auxílio de ar aquecido, que flui pela superfície da fruta. Essa vaporização térmica se processa numa temperatura inferior à de ebulição da água e depende, essencialmente, dos seguintes fatores: pressões de vapor da água na fruta e no ar de secagem; temperatura e velocidade do ar; velocidade de difusão da água na fruta e, de menor importância, a espessura e a superfície exposta para secagem, conforme discutidos a seguir.

- 1) Pressão de vapor d'água - trata-se da pressão parcial exercida pelo vapor d'água presente no ar. Essa propriedade varia em função das concentrações de água no produto e do vapor d'água no ar. A taxa de evaporação depende do diferencial entre a pressão de vapor d'água existente na fruta e no ar; à medida que se aumenta essa diferença aumenta-se a taxa de evaporação;
- 2) Temperatura - quanto maior a temperatura do ar, menor a sua umidade relativa e maior a quantidade de energia que o mesmo pode fornecer, melhorando, dessa forma, a condição de secagem. Levando-se em consideração somente este fato, seria conveniente trabalhar com temperaturas de secagem bem elevadas. Porém, essa temperatura está limitada pela temperatura máxima que a fruta pode suportar, sem sofrer transformações indesejáveis na aparência e nas suas qualidades organolépticas e nutricionais;
- 3) Velocidade de difusão da água no produto - de modo geral, os materiais apresentam duas ou mais fases distintas de secagem: uma que ocorre a uma taxa de evaporação constante, quando a água livre evapora da superfície do material e, nas demais, a taxa de evaporação é decrescente e a secagem é controlada pelo mecanismo de difusão;
- 4) Velocidade do ar – a taxa de evaporação é diretamente proporcional à velocidade do ar de secagem, principalmente na fase inicial. Entretanto, ela não deve ultrapassar  $3 \text{ m.s}^{-1}$ , pois exigiria a utilização de ventiladores de maior potência, com maiores custos de investimento e operacional, o que não é compensado pela redução proporcional de tempo de secagem. Isso porque, na maior parte do ciclo de secagem, a taxa de evaporação não depende da velocidade do ar e está limitada pela velocidade de difusão de água do interior para superfície da fruta;
- 5) Espessura e superfície disponível – o fator superfície disponível está relacionado com a subdivisão da fruta, ou seja, quanto maior a superfície exposta, menor a espessura dos pedaços. Isso faz com que haja maior quantidade de água em contato com o ar para evaporação e uma maior facilidade na difusão da umidade interna do produto. Entretanto, a superfície e a espessura vão ser determinadas pela forma como deverá se apresentar o produto final, se inteiro ou fatiado.

A capacidade do ar quente de remover a umidade presente no alimento é dependente de três fatores inter-relacionados: a umidade relativa, a temperatura do ar e a vazão e velocidade do ar que passa pelo alimento. O aumento na temperatura do ar ou a redução na umidade relativa ocasiona a evaporação mais rápida da água da superfície úmida (FELLOWS, 2000).

Na Figura 2 estão representadas uma curva típica de secagem, a curva da taxa de secagem, obtida da primeira e a evolução da temperatura do produto durante o processo.

**Figura 2:** Curvas típicas de secagem.

Park et al., 2001a

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem, teor de umidade do produto em base seca ( $X$ ), em relação à evolução do tempo de secagem ( $t$ ), isto é, a curva obtida pesando o produto durante a secagem, a dadas condições de secagem. A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto, variação do teor de umidade do produto por tempo,  $dX/dt$  em relação ao tempo ( $t$ ) de processo, é a curva obtida diferenciando a curva (a). A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto ( $T$ ) em relação à evolução do tempo ( $t$ ), é a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem (PARK et al., 2001a).

A operação de secagem ocorre em 3 etapas:

- Na primeira, denominada de período zero (fase de acomodação antes do primeiro período de secagem), a taxa de secagem é alta, pois a superfície do produto está mais fria que o ar e, portanto, sua temperatura eleva-se rapidamente, ocorrendo até o ponto em que a temperatura da superfície do produto entra em equilíbrio (BARBOSA-CÁNOVAS e VEGA-MERCADO, 2000);
- Na segunda, definida como primeiro período de secagem, a remoção de umidade se dá à taxa constante porque a umidade interna do produto é transportada para a superfície na mesma velocidade com que ocorre a

evaporação na superfície, ocorrendo enquanto houver quantidade de água suficiente para acompanhar a evaporação na superfície do produto. A quantificação da secagem neste período é feita pela quantificação da energia recebida pelo material que está sendo seco. Esta energia é igual à energia necessária para a vaporização da água removida durante a secagem (PARK et al., 2002);

- Na última, denominado decrescente, o movimento da água no sólido pode ocorrer por diferentes mecanismos, como difusão do líquido devido a gradientes de concentração, difusão do vapor devido a gradientes de pressão parcial de vapor e o movimento do líquido por forças capilares (BARBOSA-CÁNOVAS e VEGA-MERCADO, 2000), onde diminui a quantidade de água na superfície do produto e a transferência de calor não é compensada pela transferência de massa, sendo que o fator limitante é a redução da migração da água do interior para a superfície do produto, que faz aumentar sua temperatura até atingir a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o teor de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem o processo é encerrado (PARK et al., 2001a).

Outros fatores que influenciam a taxa de secagem incluem a composição e a estrutura do alimento. Por exemplo, altas concentrações de solutos como açúcares, sais, gomas, amidos, etc., aumentam a viscosidade e diminuem a atividade de água, reduzindo assim, a circulação de água. Da mesma forma, o teor de umidade é mais facilmente removido dos espaços intercelulares do que de dentro das células (FELLOWS, 2000).

Segundo Silva (1995), normalmente o processo de secagem apresenta um período a taxa constante e um ou mais períodos a taxa decrescente. Sendo que o período a taxa constante não é de fácil observação em produtos agrícolas, porque, ao se iniciar a secagem, estes geralmente já se encontram no período de razão decrescente. Vega et al. (2007) estudando a cinética de secagem de pimentão vermelho, observaram apenas o período decrescente da taxa de secagem. Dantas (2010) também observou que o período de taxa decrescente é quase sempre o único observado na secagem de vegetais.

Arévalo-Pinedo e Murr (2005), estudando a influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos na secagem a vácuo de cenoura e abóbora, observaram que através das curvas de secagem, foi possível verificar que a maior parte do processo transcorre dentro de um período de velocidade decrescente. Observaram também que a temperatura de secagem exerce influência sobre a velocidade de secagem em cada tipo de alimento estudado, sendo o tempo de secagem menor com o aumento da temperatura. Assim como a temperatura, a pressão também exerce influência na cinética de secagem. Dessa forma, o aumento da temperatura causa uma diminuição

do tempo de secagem em todos os casos e este tempo diminui ainda mais quando diminui a pressão no interior da câmara de secagem.

Segundo Meloni (2003a), quando um alimento é desidratado, ele não perde água a uma velocidade constante ao longo do processo, que sob condições fixas, esta velocidade diminui com o tempo, e quando atinge a umidade de equilíbrio, a velocidade de secagem cai a zero. Em casos em que se deseja realizar a secagem para intervalos de umidade próximo de 2 %, torna-se difícil esta execução, sem causar danos ao produto, e na prática, sob condições normais de operação, o nível zero de umidade nunca é alcançado.

De acordo com Lopes et al. (2000), ar quente é o meio mais empregado, por ser facilmente disponível e mais conveniente na instalação e operação de secadores, e o seu controle no aquecimento do alimento não apresenta maiores problemas. O princípio básico de secagem, quando se utiliza o ar como meio de secagem, está no potencial de secagem do ar ambiente aquecido, que é forçado na massa do produto que serve a duas finalidades:

- Fornecer calor para o produto: a pressão de vapor de água do alimento é aumentada pelo aquecimento do produto, facilitando, assim, a saída de umidade. Parte do calor do ar de secagem proporciona aumento da temperatura do produto (calor sensível), e parte fornece o calor necessário para a vaporização da água contida no produto (calor latente);
- Absorver umidade do produto: aumentando a temperatura do ar ambiente, a sua umidade relativa diminui e, conseqüentemente, sua capacidade de absorver umidade aumenta.

O conhecimento do conteúdo inicial e final (equilíbrio) de umidade do material, da relação da água com a estrutura sólida e do transporte da água do interior do material até sua superfície possibilita fundamentar a operação de secagem (KARATHANOS, 1999; MARTINS, PORTO e PINTO, 2004, SANTOS, 2011).

A secagem de alimentos é analisada através de curvas de secagem, que podem ser representados por modelos matemáticos. Estes modelos utilizam as informações sobre as propriedades termofísicas do alimento. Encontra-se na literatura, vários modelos propostos para analisar a secagem de produtos higroscópicos: os teóricos, semiteóricos e empíricos (GABAS, 1998; JUNIOR e CORRÊA, 1999; PORTO, 2012).

Gabas (1998) descreve que a principal teoria utilizada para interpretar a secagem de alimentos e de produtos agrícolas, é a teoria da difusão da umidade como líquido ou vapor, representada pela segunda lei de Fick. Como a maioria dos cereais (arroz, trigo, feijão, soja, milho, etc.) apresentam uma pequena mudança de volume durante a secagem, esta



solução analítica pode ser aplicada satisfatoriamente no estudo destes produtos. Para alimentos de alto conteúdo de umidade (uva, caqui, ameixa, maçã, etc.) a variação do volume é grande e por esta razão as soluções analíticas da segunda lei de Fick não podem ser aplicadas.

Porto (2011) relata que muita ênfase se tem dado ao desenvolvimento de modelos semiteóricos, que concorrem para que haja harmonia entre a teoria e a facilidade de uso. Conforme Gabas (1998), alguns modelos semiteóricos são baseados na teoria da difusão, assumindo que a resistência ocorre em uma camada fina na superfície das partículas, como o modelo de Lewis, análogo à lei do resfriamento de Newton, que na sua forma integrada, é comumente chamada de modelo exponencial.

Martinazzo et al. (2007) dizem que o método empírico é um método de abordagem com base em dados experimentais e na análise adimensional. Os modelos empíricos de secagem apresentam relação direta entre o conteúdo de umidade e o tempo de secagem; omitem os fundamentos do processo de secagem. Consequentemente, não oferecem visão apurada dos importantes processos que ocorrem durante o fenômeno, embora descrevam as curvas de secagem para determinadas condições experimentais.

Mercali et al.(2010) no trabalho de Estudo da transferência de massa durante a desidratação osmótica de mirtilo, afirma que o modelo de Peleg tem se mostrado capaz de representar dados experimentais de vários estudos publicados, assim como no trabalho que realizaram, cujos resultados apresentaram coeficiente de regressão superior a 0,95, indicando que o modelo previu satisfatoriamente os dados experimentais.

Prado et al. (2000), secando tâmara, verificaram que a temperatura exerce maior influência que a velocidade do ar. Resultados semelhantes foram observados por Gouveia (1999) e Moura et al. (2001) secando gengibre e caju, respectivamente e também por Krokida et al. (2000) que afirmaram que a cinética de secagem de maçã é fortemente afetada pela temperatura do ar de secagem.

Uma fase crítica nos trabalhos de secagem convectiva de alimentos é a finalização do processo, uma vez que pode ocorrer o ressecamento na superfície do alimento e aumento de sua temperatura, o que diminui a qualidade do produto. Os defeitos mais comuns dos alimentos desidratados são: a dureza excessiva, o surgimento de rugosidade na superfície do produto que denigre a sua aparência, a dificuldade de reidratação, bem como a degradação da cor, aroma e sabor (FELLOWS, 1994). Neste sentido, Matos (2007) observou que a secagem sob condições severas do ar (altas temperaturas e umidade relativa baixa) pode causar um ressecamento excessivo e irreversível da superfície do alimento.

Oliveira (2009) informa que o endurecimento da fruta seca durante seu armazenamento pode estar relacionado com as perdas de água pelo produto armazenado em ambiente muito seco, quando a embalagem permite a passagem de vapor d'água para esse ambiente. Ainda durante o armazenamento, pode ocorrer cristalização de açúcares redutores e da sacarose, na superfície da fruta seca armazenada a temperaturas inferiores a 20 °C, e que parece estar relacionada a variações na atividade de água do produto. Quando isso acontece, a superfície da fruta seca adquire uma aparência granulosa e esbranquiçada que, na maioria das vezes, é confundida com o crescimento de fungos. Essa cristalização pode ser eliminada pelo aquecimento da fruta na embalagem a 50 °C e, em seguida, resfriada.

Ponting (1973) relata que as embalagens devem conferir boas características de impermeabilidade ao vapor d'água, sendo que a impermeabilidade ao oxigênio não constitui fator de maior relevância se a fruta não constituir fonte importante de componente oxidativos, como o beta caroteno e a vitamina C. A embalagem, por sua vez, deverá proteger o produto da radiação ultravioleta que promove escurecimento pela ativação de determinadas reações fotoquímicas indesejáveis.

Para Brennan (1994), Fellows (2000) e Lewicki (2006), a secagem convectiva proporciona produtos convenientes para os consumidores e ingredientes de fácil manipulação para outros alimentos processados. Porém, devido às condições de processamento, apresenta algumas desvantagens, como o encolhimento e deformações do produto, oxidação de pigmentos, perda de vitaminas, diminuição no valor nutricional e sensorial, baixa habilidade de reidratação do produto final, dentre outras.

### 3.7 QUALIDADE DO PRODUTO FINAL

Abbott (1999) e Auerswald et al. (1999) relatam que a qualidade de um produto engloba propriedades sensoriais, valor nutritivo, constituintes químicos, propriedades mecânicas e funcionais. Segundo Pfeiffer et al. (1999), a qualidade dos alimentos é definida por parâmetros fisiológicos, valores nutricionais e atributos sensoriais como cor, sabor, aroma e textura ou consistência. A diminuição da qualidade do produto e a redução no tempo de vida de prateleira podem ser consequências do efeito de uma ou mais dessas propriedades.

Para Meilgaard et al. (1991), a tendência do homem em apreciar os atributos de um alimento está na seguinte ordem: aparência, odor, aroma, fragrância, consistência, textura e sabor. Ferreira (2002) complementa

informando que esses atributos determinam a intensidade e característica sensorial presente no produto, e muito usado em novas formulações, no controle de qualidade, e no teste de armazenamento como forma de contribuir para a qualidade do produto.

Nihjhuis et al. (1996) relataram que a qualidade dos alimentos desidratados depende em parte das mudanças que ocorrem durante o processamento e armazenamento. Algumas destas mudanças envolvem modificações na estrutura física, afetando a textura, a reidratação e a aparência. Outras mudanças são devido a reações químicas.

Strumillo e Adamiec (1996) também descrevem que, no alimento desidratado, a atividade enzimática residual, a atividade microbiana e a reidratação são parâmetros de grande importância. Uma vez que durante o processo de secagem convectiva o alimento sofre perdas da qualidade tais como cor, sabor, textura e tendo muitas vezes uma reidratação deficiente. A contração de volume e o endurecimento (formação de casca na superfície) do produto são também considerados problemas de grande importância na desidratação de alimentos.

Para Fellows (2000) e Mujumdar (2007), a deterioração dos alimentos é um processo diretamente ligado com o teor de água do mesmo, uma vez que a água é um dos principais constituintes da maioria dos alimentos, afetando sua estabilidade e textura, e participando de reações químicas e do crescimento microbiano. Por isso, o teor de umidade e a atividade de água ( $a_w$ ) são parâmetros importantes para o controle de qualidade de alimentos.

### ***Teor de umidade e atividade de água***

A água é um dos principais constituintes dos alimentos, o qual afeta a segurança, a estabilidade, a qualidade e propriedades físicas. A influência da água sobre as propriedades dos alimentos resulta da interação entre moléculas de água e os demais componentes do alimento. A extensão e a intensidade das interações dependem da composição química e é determinado pelo estado da água no alimento (LEWICKI, 2004).

Geralmente, o objetivo principal da desidratação de alimentos é prolongar sua vida útil, além de obter produtos com características especiais. Isso é obtido através da redução da umidade e atividade de água ( $a_w$ ) do alimento a um valor que irá inibir o crescimento e desenvolvimento de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, reduzindo significativamente a atividade enzimática e a taxa em que as reações químicas indesejáveis ocorrem (BRENNAN, 1994).

De forma geral, somente a análise do teor de umidade de um alimento não é suficiente para predizer sua estabilidade, pois alguns alimentos são instáveis mesmo apresentando baixos teores de umidade. Dessa maneira, é importante que juntamente com o teor de umidade seja também avaliada a disponibilidade da água no alimento, ou seja, seu estado termodinâmico, que é expresso em termos de atividade de água (FELLOWS, 2000 e MUJUMDAR, 2007).

A atividade de água ( $a_w$ ) pode ser definida como a razão entre a pressão de vapor da água no alimento (P) e a pressão de vapor da água pura ( $P_0$ ) na mesma temperatura, conforme a Equação (3.1) (FELLOWS, 2000):

$$a_w = \frac{P_v}{P_{vs}} \quad (3.1)$$

Em que  $P_v$  (pascal) é a pressão parcial de vapor da água no alimento a dada temperatura, e  $P_{vs}$  (pascal) é a pressão de vapor de água saturada na mesma temperatura do alimento.

Antonio (2002) descreve que os micro-organismos não podem crescer em sistemas de alimentos desidratados quando a atividade de água está abaixo de 0,6-0,7, mas outras reações enzimáticas e não enzimáticas continuam atuando durante o armazenamento. A atividade de água tem sido um parâmetro usual para determinar o ponto final da secagem visando reduzir a possibilidade de crescimento microbiológico.

Fioreze (2004) descreve os seguintes métodos utilizados para determinar a atividade de água:

- Método estático: consiste em se colocar o produto em repouso num recipiente fechado acima de uma solução salina saturada ou ácida, mas sem contato com a mesma; o recipiente deve estar em ambiente cuja temperatura seja constante. O produto é pesado depois de alguns dias até manter peso constante e, a partir daí, é determinada a sua umidade de equilíbrio;
- Método semiestático: difere em relação ao estático, posto que o produto sofra uma pequena agitação periódica para facilitar a difusão de umidade nas proximidades da sua superfície para a atmosfera, dentro do recipiente, o que torna este processo um pouco mais rápido;
- Método dinâmico: consiste em se colocar o produto em uma cápsula com um sensor de umidade relativa, com o menor espaço livre possível e em temperatura constante. Devido ao pequeno espaço livre, o equilíbrio é rapidamente atingido e a umidade relativa do ambiente, quando não sofre mais variações, corresponde à atividade de água do produto, que é então pesado para determinar sua umidade de equilíbrio.

Travaglini et al. (1995) relataram que a escala de atividade de água de qualquer produto é de 0 a 1, e no estado de equilíbrio existe igualdade entre a pressão parcial de vapor de água no ar e da água do produto. Dessa forma, podem-se utilizar as isotermas de adsorção e dessorção de umidade de cada produto para conduzir a secagem até estabelecer a umidade final ou a atividade de água do produto, tal que garanta, nas condições de estocagem (temperatura e umidade relativa do ar), a integridade biológica do produto.

Ordóñez et al. (2005) relatam que quando a atividade de água está acima de 0,90, as bactérias são os micro-organismos predominantes na maioria dos alimentos, quando abaixo de 0,85, os fungos filamentosos são os mais numerosos e diversos. Cano-Chauca (2000), complementa, para produtos do tipo frutas secas, com atividade de água acima de 0,78, existe um risco maior de desenvolvimento de bolores e leveduras, havendo, nesse caso, a necessidade de utilização de agentes fungistáticos do tipo sorbato de potássio, para uma adequada conservação do produto.

Braseq (2006) confirma que o teor de água é um fator importante no controle da taxa de deterioração e todos os micro-organismos têm uma atividade de água mínima de desenvolvimento, conforme indicado na Tabela 1. De modo geral, as bactérias são mais exigentes quanto à disponibilidade de água que os bolores e leveduras.

**Tabela 1:** Atividade de água mínima para o desenvolvimento de alguns microrganismos.

Micro-organismos	$a_w$ 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)

Castro et al. (2002) relataram que os microrganismos são inibidos quando os valores de atividade de água se encontram abaixo de 0,60. Segundo Karathanos (1999), a determinação incorreta do conteúdo de umidade pode conduzir à deterioração do produto (microbiológica e reações enzimáticas) e, conseqüentemente, levar à perda da qualidade. Assim, o conhecimento do conteúdo de umidade exato e o procedimento apropriado para sua determinação são de suma importância quando se trata de alimentos desidratados.

Fellows (2006) relata que a deterioração de alimentos por microrganismos pode acontecer rapidamente, ao passo que as reações enzimáticas e químicas ocorrem de modo mais lento durante a armazenagem. Em ambos os casos, o teor de água é um fator muito importante no controle da taxa de deterioração. A disponibilidade da água para a atividade microbiológica, enzimática ou química é que determina a vida de prateleira de um alimento, e isso é medido pela atividade de água ( $a_w$ ) do alimento.

De acordo com MacCarthy (1986), *apud* Oliveira (2007), a atividade de água é o único parâmetro que pode ser usado como um guia confiável para prever a degradação de alimentos, ou para determinar o ponto final da secagem necessário para garantir um produto estável.

### ***Curva de sorção***

Quando um material biológico é exposto a certa umidade, ele perde ou ganha água para ajustar sua própria umidade a uma condição de equilíbrio com o ambiente. Isso ocorre quando a pressão de vapor da água na superfície do material se iguala à pressão de vapor da água do ar que o envolve (TREYBALL, 1988). Fioreze (1994) complementa informando que quando o produto perde umidade para entrar em equilíbrio com a umidade do ar, ocorre o processo de “dessorção”. No entanto, quando o produto ganha umidade, o processo é denominado de “sorção”.

Ordóñez et al. (2005) relatam que isotermas de sorção de água são gráficos próprios de cada grupo de alimentos e permitem estimar a estabilidade de um produto diante dos diversos agentes alterantes. Segundo Park et al. (2008), esta relação depende da composição química dos alimentos (gordura, amido, açúcar, proteínas, etc.).

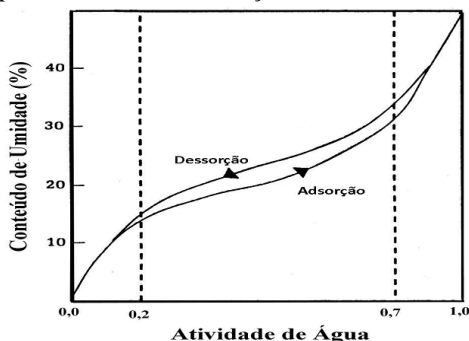
A isoterma é uma relação de equilíbrio que relaciona o conteúdo de água de um produto alimentício com a temperatura e umidade relativa do ar circundante, sendo de fundamental importância no estudo da conservação de alimentos desidratados (VAN DEN BERG e BRUIN, 1981). Além disso,

possui inúmeras aplicações no estudo de alimentos *in natura*, no seu processamento e em produtos acabados. Incluem-se, entre outros, o projeto de secadores, a predição das condições finais de misturas de diversos ingredientes em alimentos formulados, o projeto de embalagens e simulação de alterações de umidade que ocorrem durante a estocagem, além da predição da estabilidade e vida de prateleira dos produtos.

A isoterma pode ser dividida em três regiões, dependendo do estado em que se encontra a água presente no alimento. A primeira região, qual cobre a faixa de  $a_a$  de 0 a 0,35, representa a adsorção de um filme monomolecular de água. A segunda região, entre 0,35 a 0,60 representa a adsorção de camadas adicionais de água sobre a monocamada. Finalmente a terceira região, acima de 0,60 de  $a_a$ , representa a região onde a água se condensa nos poros do material e solubilizam compostos solúveis presentes (GABAS, 1998).

Hossain et al. (2001) dizem que a curva de uma isoterma pode apresentar-se de duas formas: isotermas de adsorção e isotermas de dessorção. As isotermas de adsorção são obtidas quando um alimento totalmente seco é colocado em atmosferas com diversos incrementos de umidade relativa, sendo medido o aumento da massa desse alimento devido ao ganho de água determinada durante a hidratação. As isotermas de dessorção são obtidas quando o alimento inicialmente úmido é colocado sob as mesmas condições atmosféricas criadas para adsorção, sendo medida neste caso a diminuição da massa do alimento, provocada pela perda de água determinada durante a desidratação. Essas curvas de adsorção e dessorção não coincidem, e esta diferença entre as isotermas é conhecida como o fenômeno de histerese. Uma curva típica de isoterma de sorção é apresentada na Figura 3.

**Figura 3:** Curva típica das isotermas de sorção.



Fonte: Park e Nogueira (1992).

Park et al. (2000) relatam que para a determinação experimental da umidade de equilíbrio torna-se necessário um ambiente com umidade relativa controlada. O método de controle de umidade relativa mais usado é o que utiliza compostos químicos, tais como soluções concentradas de ácido sulfúrico e soluções saturadas de sais. Moreira (2000) relata que as isotermas de equilíbrio podem ser determinadas por dois métodos: gravimétrico e higrométrico. No higrométrico, durante a medida, o conteúdo de umidade do material é mantido constante até que o ar circundante atinja um valor constante de equilíbrio. A atividade de água do ar é medida via higrômetro. No método gravimétrico, durante a medida, a temperatura do ar e a atividade de água são mantidas constantes até que o conteúdo de umidade da amostra atinja o valor de equilíbrio. O ar pode ser circulado (método dinâmico) ou estar estagnado (método estático).

Souza et al. (2000) comprovaram experimentalmente que, através do método gravimétrico estático, o uso de soluções salinas e ácidas apresentam desempenhos similares. Almeida et al. (2002) dizem que o uso das soluções salinas é mais comum devido à segurança no manuseio e pela facilidade de se manter a umidade relativa constante, que é uma das vantagens deste método.

Segundo Ordóñez et al. (2005), as isotermas de sorção de água dos alimentos são de grande utilidade em diferentes aspectos:

1. Permitem avaliar a estabilidade dos alimentos. A diminuição da atividade de água minimiza o crescimento dos micro-organismos (nesta ordem: bactérias, leveduras e mofos), de tal forma que se detém quase totalmente a valores de 0,6 ou inferiores. Igualmente, a velocidade das reações químicas que ocorrem em um alimento, tanto enzimáticas quanto não enzimáticas, depende da quantidade de água disponível. À medida que a atividade de água diminui, a velocidade de reação vai se tornando mais lenta. Os valores compreendidos entre 0,2 e 0,3 cessam quase que completamente. A exceção é constituída pela oxidação lipídica, que é mínima nesses valores, mas aumenta à medida que a atividade de água continua diminuindo. Portanto, a máxima estabilidade dos alimentos ocorre nesses valores (0,2 a 0,3);
2. Permitem prever a atividade de água de misturas de diversos ingredientes. Sempre há intercâmbio de água de um componente a outro do alimento para chegar ao equilíbrio. As isotermas permitem conhecer a atividade de água dos componentes da mistura e, conseqüentemente, a estabilidade de cada um deles e da mistura;
3. Permitem estimar o tempo máximo de armazenamento do produto em uma determinada embalagem, com uma permeabilidade ao vapor de água conhecida, em função da quantidade de água absorvida. Da mesma forma,



pode-se estabelecer o comportamento de um alimento em diferentes condições de armazenamento;

4. Permitem melhorar os processos de conservação fundamentados na redução da quantidade de água, já que, mediante isotermas de sorção, pode-se determinar qual é a quantidade de umidade residual ideal para determinado alimento. Se a umidade é elevada demais, o produto apresenta menor estabilidade, ao passo que, se a umidade final é muito baixa, representa um gasto adicional na operação;

5. Permitem determinar a temperatura ideal para armazenamento de produtos congelados, estabelecendo uma relação entre a atividade de água. A imobilização da água em forma de gelo e o conseqüente aumento da concentração de solutos na água não congelada diminuem a atividade de água do alimento.

Diversos modelos para descrever o comportamento das isotermas de sorção de umidade têm sido publicados, fornecendo equações cujas constantes podem ser determinadas para cada tipo de alimento estudado (BOKI e OHNO, 1991).

Alguns desses modelos são baseados em teorias dos mecanismos de sorção, como os modelos de BET (BRUNAUER et al., 1938) e GAB (BERG, 1981); outros são puramente empíricos ou semiempíricos, como os modelos de Oswin e Smith (OSWIN, 1946; SMITH, 1947) e Peleg (PELEG, 1993). De acordo com Gabas et al. (2007), os critérios usados para selecionar o modelo de sorção mais apropriado são o grau de ajuste aos dados experimentais e o significado físico do modelo. Lomauro et al. (1985) verificaram que a equação de GAB pode representar, com grande precisão, mais que 50 % das isotermas de frutas, vegetais e carnes, quando comparada com equações de dois parâmetros.

O modelo de GAB é amplamente utilizado para descrever o comportamento de isotermas de alimentos por diversos pesquisadores. Kiranoudis et al. (1997) ajustaram as isotermas de sorção de maçã, pera, kiwi e banana ao referido modelo. Unadi et al. (1998) observaram que GAB foi a equação de sorção mais satisfatória para predizer as isotermas de dessorção de tomate. Kechaou e Maalej (1999) verificaram que GAB representou satisfatoriamente as isotermas de dessorção de banana para temperaturas de 35, 50 e 70 °C e valores de atividade de água até 0,90.

Moraes et al. (2005), informam que mais de 200 equações têm sido propostas para a modelagem dos dados de equilíbrio, diferindo em seu caráter empírico ou teórico e no número de parâmetros envolvidos. Alguns desses modelos foram apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Alguns modelos para ajustes de isotermas de sorção de umidade.

Nome do Modelo	Modelo
LANGMUIR	$\frac{X_{eq}}{X_m} = \frac{C \cdot a_w}{1 + C \cdot a_w}$
BET (BRUNAER, EMMETT e TELLER)	$X_{eq} = \frac{(X_m \cdot C \cdot a_w) \cdot [1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1}]}{(1 - a_w) \cdot [1 + (C - 1) \cdot a_w + C \cdot a_w^{n+1}]}$
BET linearizado (BRUNAER, EMMETT e TELLER)	$\frac{a_w}{(1 - a_w) \cdot X_{eq}} = \frac{1}{X_m \cdot C} + \frac{a_w \cdot (C - 1)}{X_m \cdot C}$
GAB – GUGGHENHIM, ANDERSON e BOER	$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)}$
HALSEY	$a_w = \exp\left(\frac{-A}{X_{eq}^B}\right)$
OSWIN	$X_{eq} = A \cdot \left(\frac{a_w}{1 - a_w}\right)^B$
PELEG	$X_{eq} = K_1 \cdot a_w^{n_1} + K_2 \cdot a_w^{n_2}$
HENDERSON	$1 - a_w = \exp - [ - (K \cdot X_{eq}^n) ]$
CHUNG & PFOST	$\ln a_w = - \frac{A}{RT} \cdot \exp(-B \cdot X_{eq})$

Fonte: Park et al. (2001)

Onde:  $X_{eq}$  – conteúdo de umidade de equilíbrio, kg/kg;  $X_m$  – conteúdo de umidade na monocamada molecular, kg/kg;  $a_w$  – atividade de água, adimensional;  $T$  – temperatura;  $A, B, C, n, K, k_1, k_2, n_1, n_2$  – constantes das equações;  $R$  – constante universal de gases.

Telis et al. (2000) obtiveram um bom ajuste de GAB aos dados experimentais de isotermas de casca e polpa de uva, para temperaturas de 20 a 70 °C e atividades de água entre 0,02 e 0,85. A escolha deste modelo encontra respaldo, ainda, em Rao e Rizvi (1986), para quem a equação de GAB descreve a sorção de água de quase todos os alimentos com atividade de água variando de 0 a 0,9, por ter uma base teórica fundamentada e

apresentar três parâmetros, relativamente simples, que têm significado físico do processo, e por ser capaz de descrever algum efeito da temperatura no processo de sorção.

## **Cor**

A cor é um importante fator para a aceitação dos produtos pelos consumidores devido à correlação visual direta entre frescor e sabor (CHUA et al., 2000). Também é um atributo de importância fundamental no julgamento da qualidade de um alimento, uma vez que a apreciação visual é o primeiro dos sentidos a ser usado, sendo, portanto, uma característica decisiva na escolha e aceitação do produto (LIMA et al., 2007). O impacto visual gerado pela cor, muitas vezes, se sobrepõe ao causado por outros atributos de aparência e odor. Pode ainda apresentar efeito na própria intensidade com que é percebido o sabor (CARDOSO et al., 1997).

A cor consiste na percepção visual que resulta da detecção da luz após interação com um objeto e pode variar em três dimensões: tonalidade cromática (*hue*); luminosidade ou brilho (*value* ou *brightness*); e croma, saturação ou pureza (*chroma*, *saturation* ou *purity*). A tonalidade cromática é um atributo no qual se identificam as cores (violeta, azul, amarelo, laranja, vermelha e púrpura). Essa percepção é resultado de diferenças na absorção da energia radiante em vários comprimentos de onda. A luminosidade é o atributo em que é descrito a relação entre a luz refletida ou absorvida e caracteriza a cor como mais clara ou mais escura (de preto a branco). O croma é o atributo que indica a pureza da cor, ou seja, o quanto esta difere do cinza (TUNICK, 2000).

A cor dos alimentos deve-se, principalmente, à presença de pigmentos naturais. Estes pigmentos participam de diferentes reações e, em função disto, a alteração de cor de um alimento é um indicador das alterações químicas e bioquímicas possíveis de ocorrer durante o processamento e estocagem (RIBEIRO e SERAVALLI, 2004). Os principais pigmentos responsáveis pela coloração dos vegetais são a clorofila, as antocianinas e os carotenoides (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Além do fator nutricional, tem sido demonstrado que teores de pigmentos carotenoides, como o licopeno, estão fortemente relacionados com uma melhor percepção visual dos produtos (CARVALHO et al., 2005).

A colorimetria tem sido utilizada para caracterizar a cor de diferentes pigmentos, a exemplo das antocianinas (LIMA et al., 2007), clorofila (SINNECKER et al., 2002) e carotenoides (ARIAS et al., 2000; CARVALHO et al., 2005), bem como para avaliar a qualidade de um

produto *in natura* ou processado (GIMENO et al., 2000), sendo um fator determinante da vida útil de um produto (GONZALES et al., 1999).

A cor dos alimentos tem sido avaliada, tanto via análise instrumental (objetiva), como pela análise sensorial (subjetiva), pois sua mudança pode interferir na aceitabilidade dos produtos pelos consumidores (GONZALES et al., 1999). A avaliação subjetiva desse atributo é de fundamental importância, mas é muito dificultada. Em conformidade com Oliveira et al. (2003), a cor é um parâmetro que muitas vezes não é estudado, devido à necessidade de equipamentos específicos e de custo elevado.

Embora a visualização humana ainda seja considerada adequada, quando ocorrem mudanças na iluminação, torna-se subjetiva e muitas vezes variável. Dessa forma, é recomendável, nesse caso, que a análise seja feita através do uso de um instrumento de medida da cor (LEÓN et al., 2006). Para a avaliação instrumental da cor, utiliza-se, normalmente, um colorímetro, o qual proporciona medições correlatas à percepção do olho humano.

No colorímetro são considerados parâmetros como claridade ou brilho, representado pela luminosidade ( $L^*$ ) e a relação entre  $a^*/b^*$  na qual é obtido tanto o ângulo *hue* (ângulo da cor) como a cromaticidade (saturação ou intensidade da cor) (COCOZZA, 2003).

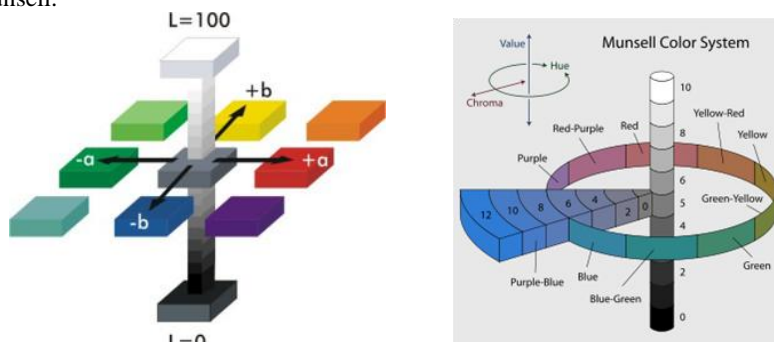
Portanto, a cor dos alimentos, expressa pelos parâmetros estudados de colorimetria, indica o índice de transformação natural dos alimentos frescos assim como as mudanças ocorridas no processo industrial (PINHEIRO e VILAS BOAS, 2005).

Com o intuito de obter a caracterização objetiva da cor, a CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), em 1976, estabeleceu o sistema Lab (*lightness, redness-greenness, yellowness-blueness*), em que uma cor particular tem uma única localização, especificada numericamente em um espaço tridimensional definido pelas coordenadas retangulares, luminosidade ( $L^*$ ), componente vermelho-verde ( $a^*$ ) e componente amarelo-azul ( $b^*$ ), e pelas coordenadas cilíndricas do mesmo espaço, croma ou intensidade cromática ( $C^*$ ) e tonalidade cromática (*hue*) (ABNT, 1992; OLIVEIRA et al., 2003).

A luminosidade ( $L^*$ ) varia de 0 para o preto até 100 para o branco, o  $a^*$  positivo é uma medida do vermelho e o  $a^*$  negativo do verde, o  $b^*$  positivo é uma medida do amarelo e o  $b^*$  negativo do azul (Figura 4). O ângulo de tonalidade (*hue*) é representado por um ângulo de 0° a 360°. Ângulos entre 0° e 90° são representados pelos vermelhos, laranjas e amarelos; de 90° a 180° são os amarelos, amarelo - verdes e verdes; de 180° a 270° são os verdes, *cyans* (azul - verde) e azuis; de 270° a 360° são os

azuis, púrpuras, magentas e novamente os vermelhos. Um valor de *hue* igual a 360 ° é tratado de igual modo que o de 0 ° (MARQUES, 2008).

**Figura 4:** Representação gráfica dos valores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  e Sistema de cores Munsell.



Fonte: Hunterlab (2001).

As mudanças de cor são produtos de várias reações, incluindo-se a de Maillard, como condensação de hexosas e componentes aminos, polimerização de fenol e destruição de pigmentos (FELLOWS, 2006). Na maioria das frutas e vegetais verdes, a degradação da cor é manifestada pela perda da clorofila e pelas sínteses de carotenoides, provocando mudanças de cor verde para cor marrom (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Segundo Lozano e Ibarz (1997), a deterioração da cor em frutas pode ser causada por vários fatores como reações de escurecimento enzimático e não enzimático. Entretanto, as frutas são menos sensíveis que as verduras à deterioração de cor, quando submetidas a temperaturas altas.

Dentre os estudos realizados para explicar as mudanças de cor, podem ser citados os de Krokida et al. (1998), que estudaram o efeito da temperatura e umidificação do ar sobre as mudanças de cor em bananas e maçãs desidratadas por secagem convectiva e a vácuo (liofilização).

Arias et al. (2000), em estudo realizado para os tomates tipo Laura, verificaram que o teor de licopeno pode ser predito através de uma correlação exponencial com  $(a^*/b^*)$ .

Carvalho et al. (2005) determinaram o teor de licopeno na parede externa, na parede interna e na polpa homogeneizada do tomate em três híbridos, e relacionaram os teores de licopeno com os valores dos componentes de cromaticidade ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) obtidos via análise colorimétrica. Eles verificaram que os valores do componente acromático  $L^*$  decresceram à medida que os frutos passaram do estágio de verde-maduro para vermelho. Tal resultado era esperado, pois à medida que os

frutos amadurecem ocorre perda de brilho devido à síntese de carotenoides e diminuição da cor verde. Eles constataram também que os valores de  $L^*$  foram maiores para a polpa homogeneizada quando comparada com a parede externa e interna, provavelmente devido à presença de tecido placentário.

Quek et al. (2007) observaram que elevadas temperaturas (165 °C e 175 °C) utilizadas na secagem de melancia, por spray drying ocasionaram perda de licopeno e betacaroteno, e conseqüentemente reduções nos valores de luminosidade ( $L^*$ ) e de *hue*.

Forni et al. (1997) não observaram alterações significativas nos valores de  $a^*$  e  $b^*$  após a secagem de damascos pré-desidratados osmoticamente. Esse fato foi atribuído à ação antiescurecimento enzimático do ácido ascórbico aplicado antes da desidratação, o qual sofreu severa redução durante o processo de secagem. A vitamina C se oxida e reduz as o-quinonas, formadas pelas polifenoloxidasas em di-hidroxifenóis que possuem menor intensidade de cor.

Photon et al. (2001), desidratando osmoticamente maçãs e secando-as em micro-ondas verificaram altos valores de  $L^*$  quando utilizavam temperaturas acima de 50 °C. E as amostras que eram pré-tratadas osmoticamente antes da secagem em micro-ondas apresentavam um menor escurecimento que aquelas sem esse pré-tratamento.

Krokida et al. (2000) observaram maior estabilidade da luminosidade durante a secagem de amostras de maçã e de banana pré-tratadas osmoticamente em relação àquelas não desidratadas previamente.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos para o presente estudo foram realizados nos laboratórios das seguintes instituições: Laboratório de Processamento de Alimentos – LEA e Laboratório de Físico-química no Campus Petrolina do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IF Sertão – PE; Laboratório de Processamento de Alimentos, Laboratório de Cromatografia e Laboratório de Enologia na Embrapa Semiárido e no Laboratório de Propriedades Físicas dos Alimentos – PROFI do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

### 4.1 MATÉRIA PRIMA

Foram utilizadas uvas da cultivar Crimson Seedless (*Vitis vinifera L.*) adquiridas no comércio da cidade de Petrolina, produzidas na região do Submédio Vale do São Francisco, no município de Petrolina - PE. Para garantir a uniformidade do produto (cor, tamanho e brix) foram escolhidos produto destinado para exportação e de um mesmo lote (mesmo produtor e área colhida), com formato elíptico, coloração rosa escuro, pesando entre 3,0 e 4,5 gramas por baga, sólidos solúveis totais variando de 17,5 a 20,2 °Brix e mantidas em câmara fria a 2 °C até a realização dos experimentos.

### 4.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE UVAS DA CULTIVAR CRIMSON

#### 4.2.1 Rompimento da casca

As amostras foram limpas para retirada de bagas danificadas, selecionadas e sanitizadas (solução de hipoclorito de sódio 50 ppm por 15 minutos). Em seguida os cachos foram acondicionados em um recipiente contando uma tela, e imersos em uma solução de hidróxido de sódio a 1 %, aquecido a 98 °C por 30 segundos (Figura 5) para rompimento da casca. Em seguida, os cachos foram lavados em água corrente, conforme metodologia descrita por Albuquerque et al. (1987). E, sobrepostos sobre uma peneira para retirar o excesso de água. Em seguida as uvas foram removidas do cacho e colocadas em uma bandeja envolta com papel toalha (Figura 5) e removido o excesso de umidade na parte superior com papel toalha, antes de serem submetidas ao processo de desidratação osmótica ou ao processo de secagem.

**Figura 5:** imagens ilustrativas do processo utilizado para o rompimento da casca. (a) Durante o processo, (b) após o processo de rompimento.

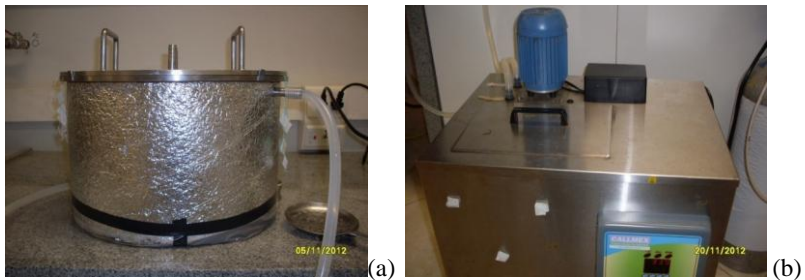


Fonte: Autor

#### 4.2.2 Desidratação osmótica

A D.O foi realizada em um aparato experimental contituído de uma câmara encamisada com volume interno de 14,14 L, com controle de temperatura realizado através da circulação de água na camisa do equipamento, proveniente de um banho termostático (QUIMIS, Q214M2). No interior da câmara foi colocada a solução osmótica.

**Figura 6:** Aparato experimental utilizado na desidratação osmótica das uvas da cultivar Crimson. (a) Câmara de desidratação, (b) banho termostático.



Fonte: Autor

#### 4.2.3 Preparo das soluções osmóticas

Após o rompimento da casca, as uvas foram submetidas ao tratamento osmótico com caldas previamente preparadas com água destilada e açúcar cristal comercial, onde o teor de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix)



foi ajustado com o auxílio de um refratômetro digital (HANNA, HI 96801) e a temperatura da calda controlada por banho termostático.

#### 4.2.4 Avaliação do efeito da temperatura e da concentração de açúcar da calda na desidratação osmótica de uvas da cultivar Crimson

##### *Teste preliminar: Cinética de Desidratação Osmótica para determinação do tempo de imersão*

Para verificar o comportamento das uvas quanto ao ganho de massa e perda de água foi realizada uma cinética de desidratação baseado nos trabalhos de El-Aouar et al. (2006); Boeira et al. (2007); Porto (2011) e Silva (2011). Foi usada nesta etapa uma calda a base de açúcar com concentração de 40 °Brix e temperatura de 40 °C. As amostras de uva com as cascas rompidas foram pesadas em balança analítica separadamente e acondicionadas em embalagens confeccionadas com tela de *nylon* previamente identificadas, e imersas na calda na proporção 1:10 amostra/calda com duplicata de experimento. Nos tempos pré-determinados (0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 12 e 24 horas) as embalagens foram sendo retiradas da calda e distribuída sobre uma peneira para remoção do excesso de calda. Em seguida as amostras foram colocadas sobre papel toalha para remover o excesso de calda remanescente, pesadas e levadas para determinar o teor de umidade em estufa a 105 °C (Instituto Adolfo Lutz, 2008) em triplicata. Com a variação da massa de água e da massa seca das amostras durante a desidratação osmótica, foram determinados os parâmetros de Perda de Umidade (PU) e Ganho de Sólidos (GS) utilizando as seguintes equações (EL-AOUAR et al., 2006; BOEIRA et al., 2007 e SILVA, 2011):

$$PU (\%) = 100 \cdot \left( \frac{M_{ai} - M_{af}}{M_i} \right) \quad (4.1)$$

$$GS (\%) = 100 \cdot \left( \frac{m_{sf} - m_{si}}{M_i} \right) \quad (4.2)$$

Onde:  $M_{ai}$  = conteúdo inicial de água na amostra;  $M_{af}$  = conteúdo final de água na amostra;  $M_i$  = massa inicial da amostra;  $m_{si}$  = matéria seca inicial na amostra;  $m_{sf}$  = matéria seca final na amostra.

***Avaliação da influência da concentração de açúcar na calda e da temperatura na perda de água durante a desidratação osmótica de uvas da cultivar Crimson utilizando a técnica de planejamento experimental***

Para se avaliar o efeito da temperatura e da concentração de açúcar na calda, fez-se um planejamento fatorial  $2^2$  com triplicata do ponto central, tendo como variáveis de entrada (independente) a temperatura e a concentração da calda, e variável de saída (dependente) a perda de umidade, calculada conforme Equação 4.1.

**Tabela 3:** Faixa de estudo das variáveis independentes da matriz do planejamento de experimento  $2^2$  para a avaliação da desidratação osmótica em uva cv. Crimson.

Variáveis	Níveis		
	- 1	0	+ 1
Temperatura (°C)	34	40	46
Concentração (%)	40	50	60

Fonte: Autor

***Cinética para avaliação do efeito da concentração de sacarose na desidratação osmótica***

Para uma avaliação do efeito da concentração de sacarose na desidratação osmótica foram realizadas três cinéticas, utilizando caldas com concentração de 40, 50 e 60 °Brix e temperatura de 34 °C. As amostras foram pesadas em balança analítica separadamente e acondicionadas em embalagens confeccionadas com tela de *nylon* previamente identificadas, e imersas em uma solução osmótica de proporção amostra/calda de 1:10. Os procedimentos descritos no teste preliminar, com mesmo intervalo de tempo (0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 24; 36 e 48 horas) foram usados nesta etapa e os parâmetros de Perda de Umidade (PU), calculado conforme a Equação 4.1.

### 4.3 SECAGEM CONVECTIVA DE UVAS DA CULTIVAR CRIMSON

Para o processo de secagem, tanto das uvas frescas quanto das uvas pré-tratadas osmoticamente, foi utilizado um secador de fluxo de ar contínuo e ascendente em leito fixo (câmara) com sete bandejas de 0,25 m<sup>2</sup> (SULAB). A velocidade do ar de secagem na entrada da câmara Foi de 14,0 m.s<sup>-1</sup> e 9 m.s<sup>-1</sup> na saída do secador e com umidade relativa do ar na saída do secador de aproximadamente 18 %, medidas com termohigrografo (INSTRUTHERM, THAL – 300) e duas temperaturas (50 e 70 °C) controladas por um termostato digital.

Para o acompanhamento da perda de umidade, as amostras nas bandejas foram pesadas em balança semianalítica (INSTRUTHERM, BD 650) antes, durante e posteriormente a secagem em intervalos pré-definidos, até que fosse atingido o teor de umidade final desejado (em torno de 17 %). Os resultados foram usados na Equação 4.3

$$U_f = \left( \frac{M_i \cdot U_i - (M_i - M_f)}{M_f} \right) \times 100 \quad (4.3)$$

Onde:  $U_f$  = umidade final da amostra em base úmida;  $U_i$  = umidade inicial da amostra em base úmida;  $M_i$  = massa inicial da amostra;  $M_f$  = massa final da amostra.

**Figura 7:** Secador convectivo utilizado no estudo para secagem de uva Crimson.



Fonte: Autor

### 4.3.1 Cinética de secagem

As amostras submetidas ao processo de secagem foram escolhidas a partir dos resultados de perda de água e tempo de desidratação osmótica. As temperaturas de secagem foram 50 e 70 °C, uvas sem e com tratamento osmótico de 1,5; 6 e 12 horas de imersão em caldas de sacarose com concentrações de 40 e 50 °Brix e temperatura de 34 °C, com todas as amostras em triplicata. As bandejas do secador com as amostras foram pesadas em balança semianalítica antes de iniciar a secagem e durante o processo de secagem em tempos pré-determinados (0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 24 e 36) até massa constante. O teor de umidade em cada tempo foi estimado através da Equação 4.3 e os resultados das cinéticas de secagem foram comparados aos resultados do ajuste do modelo matemático de Peleg (PELEG, 1988) Equação 4.4 aos dados.

$$X_{(t)} = X_0 + \frac{t}{k_1 + k_2 t} \quad (4.4)$$

Onde:  $X_{(t)}$  = é a umidade após o tempo  $t$ ;  $X_0$  a umidade inicial;  $t$  = tempo;  $k_1$  e  $k_2$  = constantes do modelo.

Os parâmetros do modelo foram estimados ( $k_1$  e  $k_2$ ) pelo ajuste do modelo aos dados experimentais, fazendo-se uso de regressão não linear, através do *software* MATLAB, versão 7.1. Para a determinação do melhor ajuste, foi usado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o qual mensura a proporção da variabilidade atribuída ao modelo.

### 4.3.2 Análises Físico-químicas

Para a realização das análises físico-químicas, pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais, as uvas *in natura* foram esmagadas para retirada do suco para ser analisado, e para as uvas passas 10 g de amostra foi triturada e homogeneizada em gral (almofariz) com 50 mL de água destilada e levadas para banho-maria a 80 °C por duas horas, filtrado em algodão e o volume aferido em balão volumétrico de 100 mL, sendo este utilizado para as determinações. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

## ***pH***

O pH foi determinado através de um potenciômetro digital (Tecnal, Tec – 3MP). O pHmetro foi ligado 30 minutos antes do início das análises para estabilizar o circuito elétrico, sendo em seguida calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0 a temperatura de 20 °C.

## ***Acidez Total Titulável***

A acidez total titulável das amostras foi determinada por análise titulométrica com NaOH a 0,1 N (O.I.V, 1990). As amostras foram preparadas utilizando uma alíquota de 5 mL do mostro/filtrado colocada em erlenmeyer completando-se o volume para 50 mL com água destilada. Para determinação do ponto de viragem foi utilizado pHmetro (Tecnal, Tec – 3MP), sendo a titulação finalizada em pH igual a 8,2. O valor obtido foi expresso em g.L<sup>-1</sup> de ácido tartárico, a partir da seguinte equação:

$$ATT \text{ (g.L}^{-1} \text{ de ácido tartárico)} = \left( \frac{n \cdot f \cdot M \cdot 1000}{V} \right) \cdot 0,075 \quad (4.5)$$

Onde: ATT = acidez total titulável; n = volume em mL de solução de NaOH gasto na titulação; f = fator de correção da solução de NaOH; M = molaridade da solução de NaOH; V = volume da amostra em mL; 0,075 = equivalente grama do ácido tartárico.

## ***Sólidos Solúveis Totais***

Os sólidos solúveis totais foram determinados através de um refratômetro digital (HANNA, HI 96801) e o resultado expresso em °Brix. Para as amostras de uva passa o valor da leitura era multiplicado pelo fator de diluição (no caso, 100).

## ***Atividade de Água***

A atividade de água das amostras foi determinada utilizando um higrômetro (Autom, Aw43). As amostras foram trituradas em processador de alimentos (Philco, multi pro all in one, 800 w) antes da leitura.

## Cor

As medidas de cor foram realizadas nas uvas *in natura* e nas passas utilizando um colorímetro (Miniscan EZ, Hunterlab) operando no sistema Hunter (L\*, a\*, b\*), com sistema de iluminação D65 e ângulo de observação de 10 °. De acordo com a escala, L\* luminosidade, 0 a 100 – preto ao branco, as coordenadas de cromaticidade a\* e b\* que indicam -a = verde e +a = vermelho; -b = azul e +b = amarelo.

### 4.3.3 Extração e análise de taninos e antocianinas

As amostras foram trituradas em processador de alimentos (Philco, multi pro all in one, 800 w) e colocadas em solução hidroalcoólica (80 % álcool etílico e 20 % água destilada) e deixadas em repouso no escuro por 24 horas. Em seguida, foram filtradas em algodão, e o filtrado utilizado para as análises de taninos e antocianinas totais. As análises foram realizadas em espectrofotômetro UV (Biospectro, SP – 220) utilizando cubeta de quartzo de 10 mm de percurso óptico.

#### *Taninos totais*

Para a análise de taninos totais (AOAC, 1998) uma solução padrão contendo 0,5 mL de uma solução de ácido tânico diluído a 2 %, 0,5 mL de Folin Denis, 1,0 mL de solução de carbonato de cálcio saturada e 10 mL de água destilada foi utilizada. As amostras foram preparadas utilizando uma solução diluída a 2 % da solução hidroalcoólica (0,5 mL), 0,5 mL de Folin Denis, 1,0 mL de solução de carbonato de cálcio saturada e 10 mL de água destilada. Após uma leve agitação em vortex para homogeneizar a mistura, as amostras foram deixadas em repouso ao abrigo de luz por uma hora, e com o sobrenadante fez-se a leitura do teor de tanino em espectrofotômetro a 725 nm. A Equação 4.6 foi utilizada para a obtenção do resultado:

$$TT \text{ (mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1} \text{ de ac. tân.)} = \left[ \frac{(\text{Abs Amost.} - \text{Abs Pad.}) \cdot 100}{\text{Vol. Amostra}} \right] \cdot 50 \quad (4.6)$$

Onde: TT = Taninos totais; ac. tân.= ácido tânico; Abs. Amost. = Absorbância da amostra; Abs. Pad. = Absorbância do padrão; 100 = valor fixo; Vol. Amostra = Volume da amostra e 50 = fator diluição.

Foi utilizada uma curva padrão do ácido tânico (0,5, 1, 3 e 5 mL/100mL), com leituras a 725 nm realizadas em espectrofotômetro.

### ***Antocianinas totais***

As antocianinas totais foram determinadas através do método espectrofotométrico de diferencial de pH, pela transformação na estrutura cromófora das antocianinas em meio ácido (OIV, 1990). Colocou-se em tubo de ensaio 1 mL da solução hidroalcoólica, 1 mL de etanol com 0,1 % de ácido clorídrico e 10 mL de solução de ácido clorídrico a 2 %. Em um segundo tubo foi adicionado também 1 mL de solução hidroalcoólica; 1 mL de etanol com 1 % de ácido clorídrico e 10 mL de solução tampão de pH 3,5. Efetuou-se, então, a leitura da absorção das amostras dos dois tubos no comprimento de onda de 520 nm, utilizando cubetas de quartzo de 10 mm de percurso ótico, sendo o espectrofotômetro previamente calibrado com água destilada. A concentração de antocianinas livre, expressa em  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , foi obtida utilizando as diferenças de densidade ótica na equação abaixo:

$$AT (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) = 388 \cdot d \quad (4.7)$$

Onde: AT = antocianinas totais; d = diferença de leitura entre os dois tubos e 388 o fator de linearidade.

### **4.3.4 Isotermas de Sorção**

As isotermas de sorção foram determinadas pelo método gravimétrico estático. Foram pesados 2 gramas (+/- 0,2 g) das amostras de uva Crimson desidratadas, colocadas em cápsulas de plástico e mantidas em frascos de vidro hermeticamente fechados contendo soluções salinas saturadas com atividade de água conhecida. Os sais utilizados e suas respectivas atividade de água foram: cloreto de lítio (LiCl), cloreto de magnésio ( $\text{MgCl}_2$ ), carbonato de potássio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), cloreto de sódio (NaCl), sulfato de amônia ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de bário ( $\text{BaCl}_2$ ) com as seguintes atividade de água ( $A_a$ ): 0,1130; 0,3278; 0,4316; 0,7510; 0,8030; 0,8420 e 0,9030 respectivamente). Os frascos de vidros foram condicionados a temperatura de 25 °C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) até as amostras atingirem a umidade de equilíbrio. As amostras alcançaram o equilíbrio após o nono dia, quando não houve mais variação de massa. O conteúdo de umidade de equilíbrio foi obtido pela Equação 4.2. Os ensaios foram

realizados em triplicata de experimento. Os modelos de GAB e Peleg foram utilizados para ajustar aos dados experimentais das isotermas de sorção das uvas passas (MRAD, et al. 2012).

$$\text{GAB} \quad U_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w)(1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (4.8)$$

$$\text{PELEG} \quad U_{eq} = K_1 \cdot a_w^{n_1} + K_2 \cdot a_w^{n_2} \quad (4.9)$$

Onde:  $U_{eq}$  = umidade de equilíbrio (base seca);  $a_w$  = atividade de água;  $X_m$  = umidade na monocamada molecular; C e K = parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto; a = parâmetros de ajuste do modelo;  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$  e  $n_2$  = constantes do modelo.

Os parâmetros de cada modelo foram estimados pelo ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, fazendo-se uso de regressão não-linear, através do *software* MATLAB, versão 7.1. Para a determinação do melhor ajuste, foi utilizado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o qual mensura a proporção da variabilidade atribuída ao modelo.

### 4.3.5 Açúcares (Sacarose, Frutose e Glicose)

A determinação de açúcares foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC - Waters, Alliance e-2695) utilizando detector de índice de refração (modelo 2414), coluna Rezex RHM-monosaccharide ( $H^+$  300 x 7,8 mm) e uma pré-coluna Carbo H (4,0 x 3,0 mm) ambas da Phenomenex®. Como fase móvel foi utilizada água ultrapura, com fluxo isocrático de  $0,6 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  e temperatura do forno de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Padrões de frutose, glicose e sacarose (Chemservice, com pureza de 99 %), foram utilizados para o preparo de soluções contendo os 3 padrões em 7 níveis de concentração, variando entre 25 e  $1600 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  em água ultrapura. Para as injeções foram utilizados  $5 \text{ } \mu\text{L}$  das soluções padrões e amostras.

A extração dos açúcares foi realizada pela metodologia descrita por Hiratsuka et al. (2001) modificada. Utilizando 1 g de amostra de uva *in natura* e das passas, as mesmas foram trituradas e homogeneizadas em almofariz e pistilo com 20 mL de solução etanólica (80 % etanol e 20 % água ultrapura), após foi ajustado o pH para 7,0 com NaOH a 0,1 M; as amostras foram colocadas em banho-maria por 15 min, filtrado a vácuo com membrana com diâmetro de poro de  $0,45 \text{ } \mu\text{m}$ , rota evaporado por 15 min e a amostra recuperada foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL aferindo-se o volume com água ultrapura.



#### 4.4 Análise Estatística

A influencia da temperatura de secagem nos resultados foram tratados através da ANOVA. e a comparação de médias para os fatores que apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) foi realizada através do teste de Tukey. O *software* Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004) foi utilizado para ambos os testes.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DA UVA CRIMSON *IN NATURA*

As propriedades físico-químicas da uva Crimson *in natura* utilizadas neste trabalho estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4:** Propriedades físico-químicas da uva Crimson *in natura*.

Propriedades	Valores médios
Teor umidade (g água/100 g produto)	83,99±0,69
Sólidos solúveis totais (° Brix)	20,3±0,2
Acidez total titulável (g/L de ac. Tartárico)	6,15±0,15
pH	3,59±0,32
Atividade de água (a <sub>w</sub> )	0,984±0,002

Fonte: Autor

Os valores encontrados estão de acordo com Souza Leão (2001) que avaliou dois ciclos de produção (em 2000 e 2001) de uva Crimson no município de Sento-Sé - BA, onde relatou uma média para sólidos solúveis totais de 17,3 ° Brix e 0,61 g de ácido tartárico por 100 mL de suco. Feldberg et al. (2008), estudando uvas Crimson produzidas no norte de Minas Gerais relataram os seguintes valores: umidade de 80,4 %; 19,2 °Brix; 5,8 (% de Ac. Tartárico) para a acidez total titulável e pH de 3,53. Brito Santos et al. (2011) em caracterização química e sensorial de uvas desidratadas, produzidas no Vale do São Francisco para infusão, descreveu que para a cultivar Crimson, encontrou um pH de 3,62; sólidos solúveis totais de 11,8 °Brix; acidez de 3,7 % e umidade de 80,4 %.

**Figura 8:** Uvas utilizadas no trabalho antes do tratamento com NaOH (a) e após o tratamento com NaOH (b).



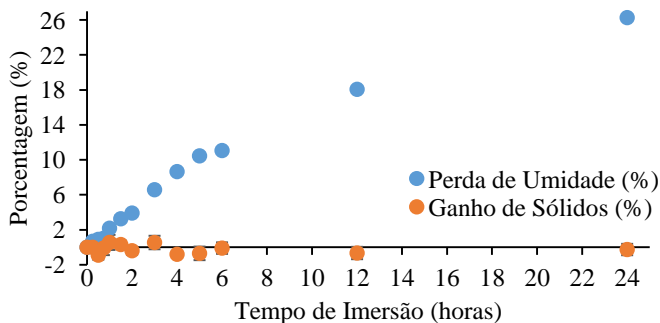
Fonte: Autor

Na Figura 8 pode ser observada a aparência das uvas sem tratamento com NaOH (a), com uma aparência brilhante, indicando a presença da camada de cera que constitui a casca e tratada com NaOH (b) onde não se observa mais a aparência brilhante e apresenta fissuras na casca, facilitando assim a perda de umidade.

## 5.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA (D.O.)

No tratamento osmótico avaliou-se a perda de umidade (PU) e o ganho de sólidos (GS). Inicialmente foi realizada uma cinética de desidratação osmótica (D.O.) para avaliar o tempo de imersão da uva Crimson em uma solução osmótica de sacarose de 40 °Brix e 40 °C, a fim de definir o tempo de D.O. a ser utilizado no planejamento experimental fatorial 2<sup>2</sup>, para posterior secagem convectiva (Figura 9). Sendo os valores da concentração e da temperatura da calda definidos com base em valores médios do planejamento a ser utilizado e também baseado em valores médios encontrados na literatura para D.O. (SILVA, 2011; PORTO, 2011; AZOUBEL e MURR, 2004; ALVES, 2003; AZEREDO e JARDINE, 2000).

**Figura 9:** Cinética de D.O. para determinação do tempo de imersão da uva cv. Crimson em solução osmótica de 40 °Brix e 40 °C (Desvio padrão variou entre 0,1 e 0,4).



Fonte: Autor

Observa-se pela Figura 9 que a perda de água aumenta ao longo do tempo, até aproximadamente 27 % em 24 h de imersão da uva na solução osmótica. No entanto, não foi observado ganho de sólidos nas amostras devido provavelmente a dificuldade das moléculas de sacarose se

difundirem através da membrana e da parede celular da fruta devido sua elevada massa molar, ao contrário do que ocorre com as moléculas de água, que têm sua difusão facilitada (TORREGGIANI, 1993; EL-AQUAR, 2003). A não impregnação do soluto é desejado para preservar as características do produto próximo ao da fruta *in natura*, com uma menor incorporação de sólidos.

As variáveis do tratamento osmótico (concentração e temperatura da solução osmótica) foram definidas através do planejamento experimental fatorial  $2^2$  com triplicata do ponto central, após a realização da cinética de desidratação osmótica a 40 °Brix e 40 °C. A Tabela 5 mostra a composição do planejamento e os resultados obtidos com um tempo de imersão de seis horas baseado nos resultados prévios apresentados na Figura 9.

**Tabela 5:** Matriz com os níveis reais e codificados do planejamento experimental fatorial  $2^2$  com triplicata do ponto central, para a avaliação da desidratação osmótica em uva cv. Crimson após 6 horas de imersão.

Ensaios	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	GS (%)*	PU (%)*
1	-1 (34)	-1 (40)	2,18±0,17	13,77±0,99
2	+1 (46)	-1 (40)	- 1,82±0,69	10,45±1,89
3	-1 (34)	+1 (60)	2,95±0,42	22,18±1,07
4	+1 (46)	+1 (60)	- 1,93±0,52	20,55±3,68
5	0 (40)	0 (50)	- 2,22±0,22	10,34±0,84
6	0 (40)	0 (50)	-1,98±0,22	8,28±3,19
7	0 (40)	0 (50)	- 2,36±0,48	7,45±0,90

\*Médias das triplicatas ± desvio-padrão.

Fonte: Autor

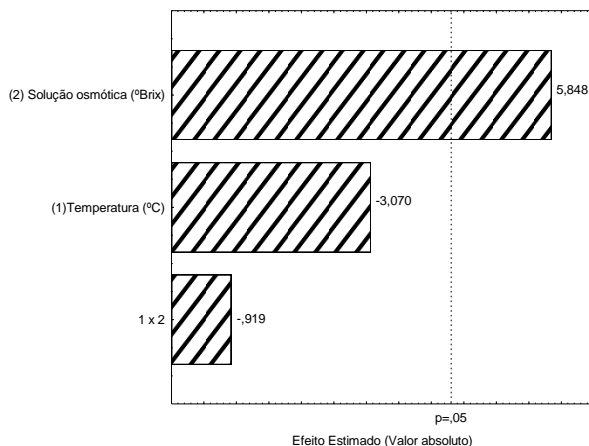
Na Tabela 5 observa-se que quando aumenta a concentração de sacarose na solução aumenta a perda de água e o ganho de sólido praticamente não sofre influência com a mudança, confirmando os resultados obtidos na cinética mostrada na Figura 9. Entretanto, com aumento da temperatura observa-se um pequeno decréscimo na perda de água. Em geral, o aumento da temperatura provoca aumento na perda de umidade devido à diminuição da viscosidade da solução osmótica e aumento na difusividade mássica efetiva, entretanto existem limitações devido à razão entre perda de água e ganho de sólidos. Penov et al. (2009) estudaram a secagem de uvas da cultivar Sultanina utilizando a D.O como tratamento prévio. Os autores mostraram que o decréscimo da umidade

durante o processo ocorre devido à concentração de açúcar na solução e não pela influência da temperatura. Porto (2011), estudou a desidratação osmótica de uva Crimson, também relata que a temperatura não influenciou na perda de umidade durante o processo de desidratação osmótica.

Quast et al. (2009) avaliando o tratamento de superfície (rompimento da casca) e da pré-secagem osmótica de ameixa japonesa *reubennel*, relataram que não foi observada incorporação de sólidos durante a pré-desidratação osmótica, resultado similar também foi observado por Porto (2011), onde a incorporação de sólidos não foi significativa no tratamento em que usou hidróxido de sódio no rompimento da casca das uvas.

Como o ganho de sólido não apresentou efeito significativo esse parâmetro não foi avaliado nas etapas seguinte do trabalho.

**Figura 10:** Diagrama de Pareto para os efeitos das variáveis avaliadas sobre a desidratação osmótica de uva cv. Crimson.



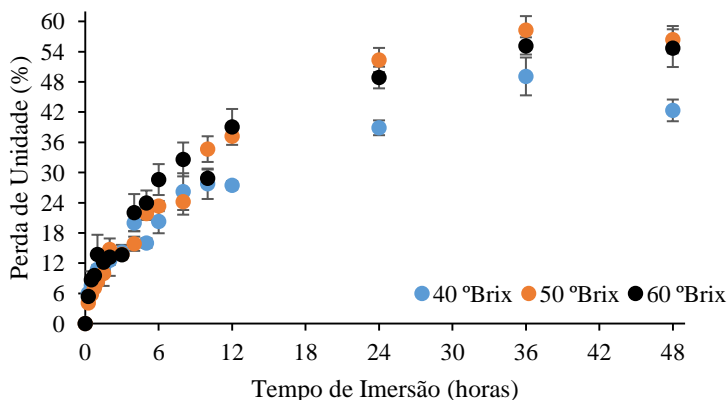
Pela análise da Figura 10, observa-se que a concentração da solução osmótica tem efeito significativo positivo na perda de água. Entretanto a interação entre a temperatura e a concentração, não foi observado um efeito significativo com 95 % de confiança na desidratação osmótica de uva Crimson, provavelmente devido ao efeito predominante negativo da temperatura. Este resultado é semelhante ao encontrado por Penov et al. (2009) e Porto (2011).

Como as maiores temperatura da calda de imersão não teve influência sobre a D.O, tendo um efeito negativo, as próximas etapas do estudo foram realizadas a temperatura de 34 °C implicando em redução de

custos energéticos e permitir uma boa solubilidade do açúcar para a obtenção das concentrações da solução osmótica de 40, 50 e 60 °Brix.

Com a análise dos resultados do planejamento experimental foi realizado uma cinética para avaliar diferentes concentrações da solução osmótica (40, 50 e 60 °Brix) mantendo-se fixa a temperatura (34 °C) da calda da D.O., a cinética está apresentada na Figura 11.

**Figura 11:** Cinéticas de D.O. de uvas cv.Crimson, em três concentrações da calda de imersão e temperatura de 34 °C (umidade em base úmida).



Fonte: Autor

A Figura 11 mostra as cinéticas de desidratação osmótica em diferentes concentrações da solução, onde se pode observar que nas concentrações de 50 e 60 °Brix a perda de umidade foi semelhante durante todo processo. E até as 8:00 hs de processo a perda de umidade foi semelhantes nas três concentrações estudadas e, a partir de 10 h houve uma redução na perda de água para concentração de 40 °Brix, quando comparada as perdas ocorridas a 50 e 60 °Brix.

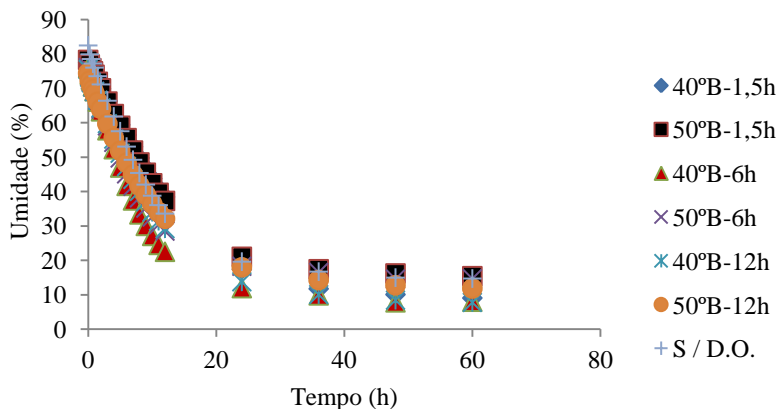
A partir dos resultados das cinéticas da D.O. foram selecionados as concentrações da calda de imersão de 40 e 50 °Brix por terem mostrado diferenças de aproximadamente 14 % na perda de umidade e os tempos de D.O. de 1,5, 6 e 12 horas pra avaliar se o aumento da perda de umidade durante a D.O. reflete em um menor tempo de secagem e mantém as características da uva durante a secagem convectiva.

### 5.3 SECAGEM CONVECTIVA

A secagem convectiva foi realizada nas temperaturas de 50 °C e 70 °C e com velocidade do ar de secagem de 14 m.s<sup>-1</sup> para as amostras de uva sem e com desidratação osmótica na concentração de 40 e 50 °Brix em sacarose e tempos de imersão na calda de 1,5, 6 e 12 horas e temperatura de 34 °C para avaliar a influência do tratamento osmótico na secagem de uva.

Nas Figuras 12 e 13 são apresentadas as cinéticas de secagem a 50 °C e 70 °C, respectivamente. A 50 °C observa-se que as uvas submetidas ao tratamento com a solução a 40 °Brix e tempo de 6 horas de imersão apresentam uma perda de umidade maior durante a secagem, principalmente entre 7 e 12 h de secagem, em relação aos demais tratamentos. Na secagem a 70 °C observa-se um ligeiro aumento da perda de água na cinética onde foi tratado osmoticamente com 50 °Brix por 12 horas. Após 12 h de secagem, observa-se que a cinética de secagem foi semelhante para as duas temperaturas, apresentando umidade de 18,43 % e 17,53 %, a 50 °C e 70 °C, respectivamente. Assim, o tratamento a 40 °Brix e 6 horas e 50 ° Brix e 12h de imersão apresentaram uma secagem mais rápida nas condições estudadas, podendo ser utilizadas para a secagem de uva cv Crimson para a produção de uvas passas.

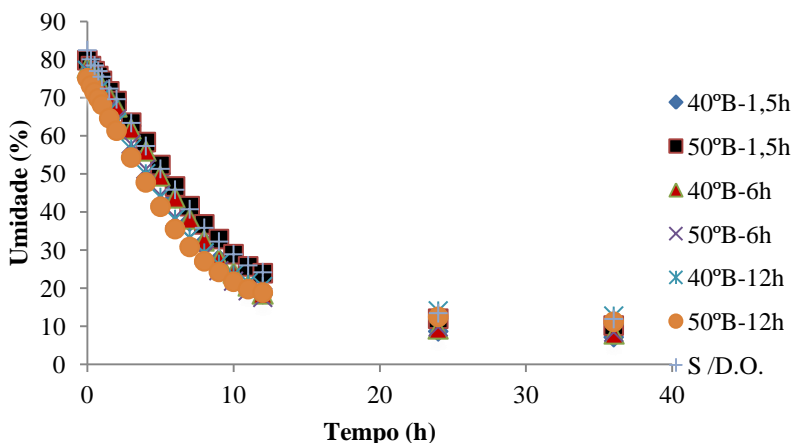
**Figura 12:** Cinética de secagem a 50 °C, sem e com tratamento osmótico de 40 e 50 °Brix e 1,5 h, 6 h e 12 h de imersão a 34 °C.



Fonte: Autor



**Figura 13:** Cinética de secagem a 70 °C, sem e com tratamento osmótico com 40 e 50 °Brix e 1,5 h, 6 h e 12 h de imersão.



Fonte: Autor

Observa-se ainda que o aumento da concentração da solução osmótica pouco influencia no tempo total do processo de secagem, comportamento este também observado por Penov et al. (2009) para uvas Sultaninas e Martins et al. (2008), nos estudando do efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado.

Quast et al. (2009) no trabalho com ameixas, observaram uma redução de 6 horas (de 24 para 18 h) no tempo de secagem das frutas (em estufa a 65 °C e 1,5 m.s<sup>-1</sup> de velocidade do ar), resultado também encontrado no presente trabalho para os tratamentos sem e com D.O. para uma mesma temperatura de secagem.

As curvas de secagem foram ajustadas pelo modelo de Peleg, e seus parâmetros de secagem e coeficientes de correlação estão apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8. O modelo de Peleg descreveu bem o processo de secagem das uvas, conforme mostra o coeficiente de correlação ( $R^2$ ), maior que 0,989 (Tabelas 6, 7 e 8). Os parâmetros do modelo  $K_1$  e  $K_2$ , mostram que o efeito da temperatura é a variável predominante já que as uvas sem D.O. apresentaram um pequeno decréscimo com o aumento da temperatura, significando um aumento na taxa inicial de transferência de água e aumento no teor de água nas passas na condição de equilíbrio (umidade de equilíbrio). Para as amostras com D.O. o valor de  $K_1$  foi maior que as amostras sem D.O., indicando ter uma menor taxa inicial de transferência de água que as amostras sem D.O.  $K_2$  foi superior nas amostras sem

desidratação osmótica indicando que a mesma possui uma menor umidade de equilíbrio que as amostras com D.O.. Porém, observa-se um aumento na taxa de secagem, conforme pode ser observado nas Figuras 12 e 13.

Estas observações também foram relatadas por Porciuncula (2010) em estudo de desenvolvimento de processo integrado de desidratação e modificação da textura de banana (var. prata) por secagem convectiva e pulso de vácuo e Zotarelli (2010) no trabalho de desenvolvimento de processo combinado de desidratação e modificação da textura de manga por secagem convectiva e pulso de vácuo.

Alves et al. (2005), no trabalho de desidratação osmótica e secagem de acerola nas temperaturas de 43 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C e 77 °C, relatam que o modelo de Peleg obteve um bom ajuste para as curvas de secagem, com coeficiente de correlação maiores que 0,996, e o comportamento das constantes  $K_1$  e  $K_2$  para as amostra com e sem tratamento osmótico variou com a temperatura. Comportamento semelhante foi obtido para as amostra sem e com D.O. em solução osmótica de 50 °Brix, do presente trabalho.

**Tabela 6:** Resultados dos ajustes do modelo de Peleg na secagem de uva Crimson com D.O. de 1,5 horas de imersão a 34 °C.

Processo de secagem	Temperatura de secagem	Parâmetros		
		$K_1$	$K_2$	$R^2$
Sem D.O.	50 °C	2,0437	0,9784	0,9959
Com D.O. de 40 °Brix		3,9498	0,9288	0,9975
Com D.O. de 50 °Brix		3,4578	0,9545	0,9962
Sem D.O.	70 °C	1,8623	0,9306	0,9960
Com D.O. de 40 °Brix		2,4837	0,8744	0,9906
Com D.O. de 50 °Brix		2,5561	0,8935	0,9937

Fonte: Autor

**Tabela 7:** Resultados dos ajustes do modelo de Peleg na secagem de uva Crimson com D.O. de 6 horas de imersão a 34 °C.

Processo de secagem	Temperatura de secagem	Parâmetros		
		$K_1$	$K_2$	$R^2$
Sem D.O.	50 °C	2,0437	0,9784	0,9959
Com D.O. de 40 °Brix		2,2920	0,9449	0,9944
Com D.O. de 50 °Brix		2,3010	0,9839	0,9955
Sem D.O.	70 °C	1,8623	0,9306	0,9960
Com D.O. de 40 °Brix		2,7256	0,8695	0,9898
Com D.O. de 50 °Brix		2,1076	0,9171	0,9925

Fonte: Autor

**Tabela 8:** Resultados dos ajustes do modelo de Peleg na secagem de uva Crimson com D.O. de 12 horas de imersão a 34 °C.

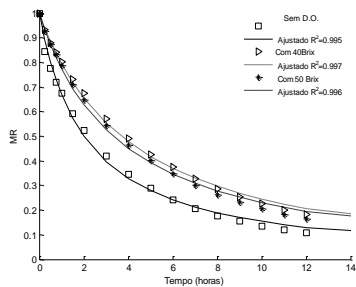
Processo de secagem	Temperatura de secagem	Parâmetros		
		K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>
Sem D.O.	50 °C	2,0437	0,9784	0,9959
Com D.O. de 40 °Brix		2,6891	0,9577	0,9975
Com D.O. de 50 °Brix		2,9669	0,9738	0,9977
Sem D.O.	70 °C	1,8623	0,9306	0,9960
Com D.O. de 40 °Brix		2,1076	0,9171	0,9925
Com D.O. de 50 °Brix		2,1834	0,9106	0,9915

Fonte: Autor

As Figuras 14 e 15 representam as cinéticas de secagem, as taxas de secagens e os ajustes pelo modelo de Peleg para temperaturas de secagens de 50 e 70 °C, sem e com tratamento osmótico a 40 e 50 °Brix, por 1,5, 6 e 12 horas de imersão com uma temperatura da calda de 34 °C. Os teores de umidade foram normalizados e plotados em função do tempo na Figura 14. Observa-se pelas curvas a e b que os dados experimentais são semelhantes aos estimados pelo modelo, apresentando valores de R<sup>2</sup> maiores que 0,989 para todos os tratamentos, indicando um bom ajuste do modelo aos dados experimentais de secagem. As taxas de secagens são semelhantes para todos os tratamentos estudados apresentando um contínuo decréscimo da taxa de secagem ao longo do tempo de processo, caracterizando que não há o período de taxa constante. O comportamento das cinéticas mostram uma pequena diferença entre os tratamentos com uma tendência das uvas sem D.O. ter um teor de água maior no início do processo e após a 1ª hora de processo as curvas convergem entre si. E, quando ao final do processo em que se estabeleceu 17 % BU a umidade final, pela umidade de equilíbrio o teor de umidade das amostras sem D.O. apresentavam-se maiores que as com D.O..

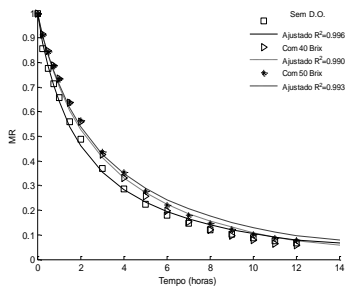
Ao contrário do observado, Porciuncula (2010) e Zotarelli (2010), em estudos com banana e manga, respectivamente, nas amostras sem D.O.a taxa de secagem foi menor que as com D.O. e umidade ao longo do tempo sempre maior inclusive na umidade de equilíbrio nas amostra sem D.O. em comparação com as amostras com D.O..

**Figura 14:** Cinéticas de secagens com os ajustes das curvas de secagens pelo modelo de Peleg para uva Crimson a 50 (a) e 70 °C (b), sem e com D.O. de 1,5 (a1,b1), 6 (a2,b2) e 12 (a3,b3) horas de imersão. Com a umidade dada em adimensional de base seca (MR).



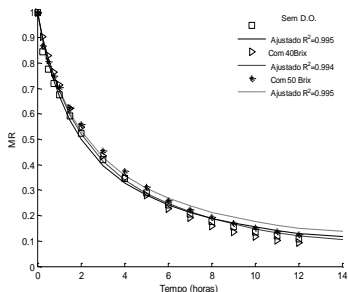
50 °C, D.O. 1,5 h

a1



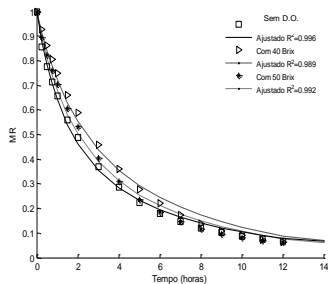
70 °C, D.O. 1,5 h

b1



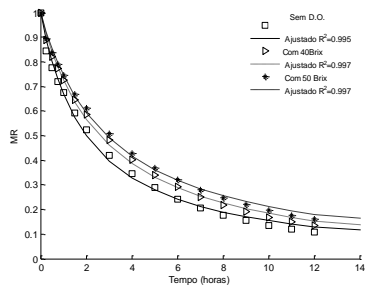
50 °C, D.O. 6 h

a2



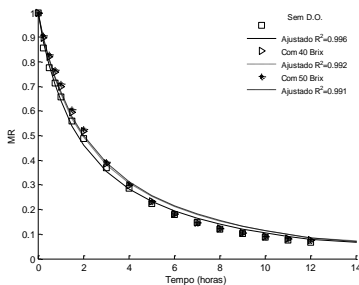
70 °C, D.O. 6 h

b2



50 °C, D.O. 12 h

a3

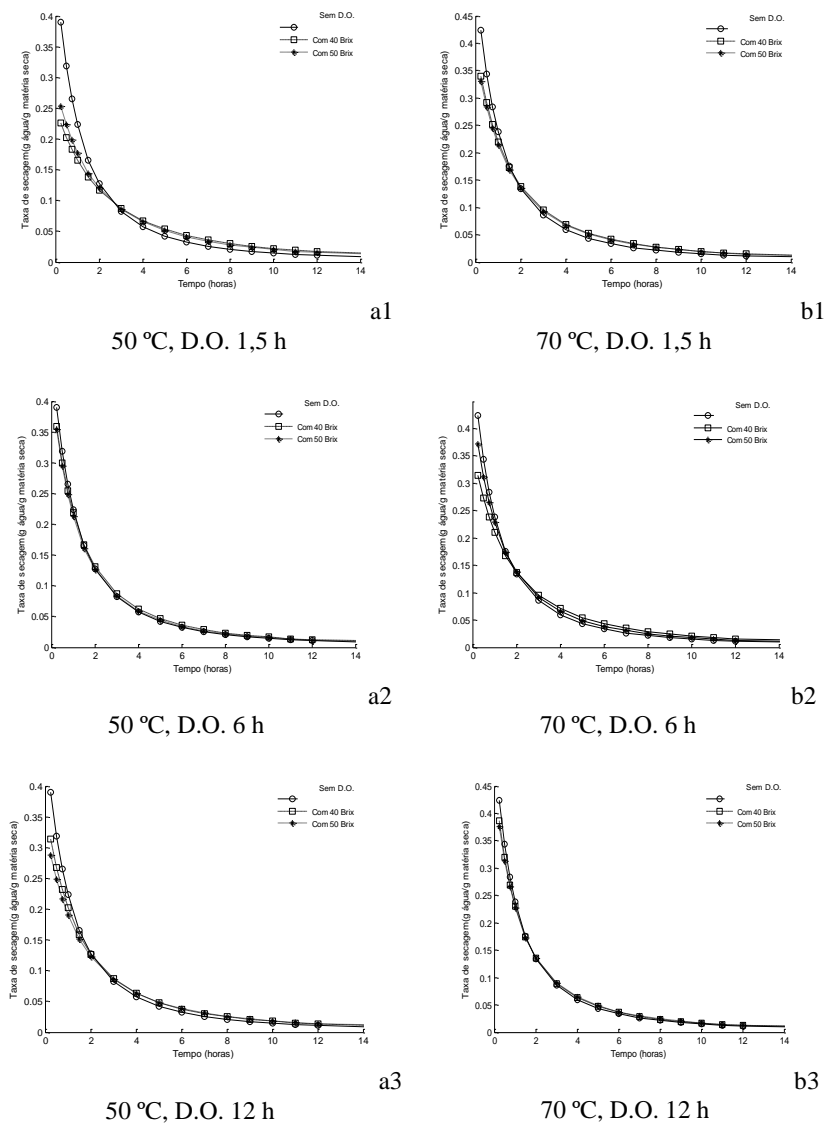


70 °C, D.O. 12 h

b3

Fonte: Autor

**Figura 15:** Taxa de secagem de uva Crimson a 50 (a) e 70 °C (b), sem e com D.O. de 1,5 (a1,b1), 6 (a2,b2) e 12 (a3,b3) horas.



Fonte: Autor

## 5.4 CURVAS DE SORÇÃO DE UMIDADE DAS UVAS PASSA

Nesta etapa do trabalho avaliou-se a sorção de umidade no produto a temperatura de 25 °C para as amostras secas sem e com D.O. as temperaturas de secagem de 50 °C e 70 °C. Os modelos de predição de Peleg e GAB foram ajustados aos dados experimentais das isotermas de sorção, e seus parâmetros e coeficientes de correlação estão apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9:** Resultados dos ajustes dos modelos de Peleg e GAB nas isotermas de sorção de uvas passas da cultivar Crimson a 25 °C.

Processo de secagem	Temperatura de secagem	Modelo	Parâmetros				R <sup>2</sup>
			A	b	c	D	
Sem D.O.	50 °C	Peleg	0,2487	0,2457	0,3116	4,2426	0,9831
		GAB	0,1428	0,752	234,53	-	0,9851
Peleg		0,2439	0,2625	0,303	4,1148	0,9864	
GAB		0,1406	0,7525	113,9	-	0,988	
Sem D.O.	70 °C	Peleg	0,273	0,2189	0,3046	4,1749	0,984
		GAB	0,1618	0,7214	668,68	-	0,9856
Peleg		0,2551	0,2194	0,3076	4,1232	0,9845	
GAB		0,1508	0,7367	578,67	-	0,9861	

Para o modelo de Peleg as letras a, b, c e d correspondem aos parâmetros  $K_1$ ,  $n_1$ ,  $K_2$  e  $n_2$  respectivamente; e no modelo de GAB a, b e c correspondem a  $X_m$ , K e C respectivamente.

Fonte: Autor

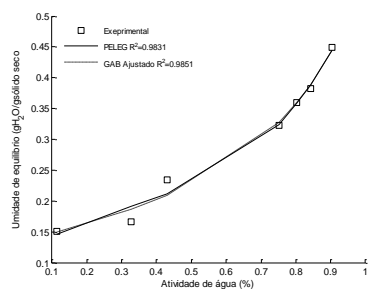
Pode-se observar na Tabela 9 que os modelos de Peleg e GAB obtiveram um bom ajuste para os dados experimentais, com coeficientes de correlação maiores que 0,983.

A Figura 16 apresenta os gráficos da umidade de equilíbrio ( $X_{eq}$ ) em função da atividade de água para uvas passas.

Observa-se que o comportamento é semelhante para as amostras com e sem desidratação osmótica e, que os dois modelos ajustaram satisfatoriamente os resultados experimentais para a faixa de atividade de água de 0,1 a 0,9. Entretanto, na faixa de 0,8 a 0,95 houve melhor ajuste para os dois modelos, nos dois tratamentos.

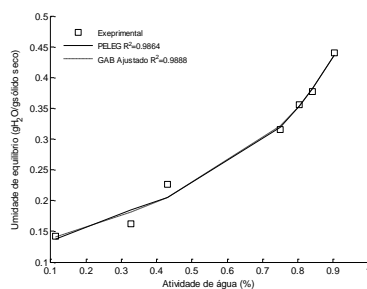
Resultados semelhantes foram obtidos por Santos (2011) para a desidratação de abacaxi e Park et al. (2001) relatam coeficientes de correlação maiores que 0,95; em trabalho com pera também observou coeficientes de correlação maiores que 0,98 para os modelos de Peleg e GAB em peras desidratadas.

**Figura 16:** Isotermas de sorção sem (a) e com (b) D.O. de 40 °Brix por 6 horas a 34 °C e secagem convectiva a 50 (1) e 70 °C (2).



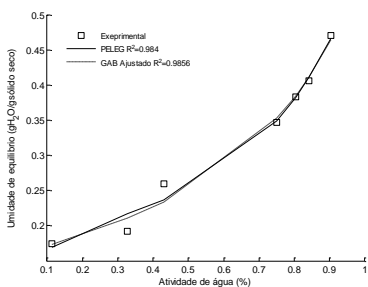
a1

Sem D.O. 50 °C



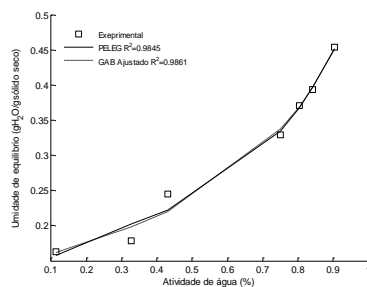
b1

Com D.O. 50 °C



a2

Sem D.O. 70 °C



b2

Com D.O. 70 °C

Fonte: Autor

## 5.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS UVAS PASSA

Para a caracterização físico-química das uvas passas, as mesmas foram produzidas sem e com tratamento osmótico a 40 °Brix, temperatura da calda de 34 °C e imersas por de 6 horas, seguida de secagem convectiva em secador de cabine com temperaturas do ar de secagem de 50 °C e 70 °C, até umidade média de 17 %, estas condições foram utilizadas devido ao tratamento osmótico não apresentar influencia no processo de secagem da uva.

As análises físico-químicas das uvas *in natura* e das passas estão apresentadas nas Tabelas 10 e 11, bem como a análise estatística de variância e teste Tukey entre os tratamentos.

O teor de taninos e antocianinas totais nas amostras de uva *in natura* foi de 0,167 g/100 mL e 63,12 mg/L respectivamente e, para as uvas passas não foi possível a quantificação, devido estes compostos serem termossensíveis e provavelmente sofreram degradação durante as diferentes etapas de produção.

**Tabela 10:** Análises físico-químicas das uvas passas e *in natura*.

Ens.	Temp. Sec. (°C)	Tempo Total Proc. (h)	Umidade (BU - %)	A <sub>a</sub>	pH	ATT (g/L ac. Tart.)	SST (°Brix)
<i>In nat.</i>	-	-	83,99±0,69 <sup>a</sup>	0,984±0,002 <sup>a</sup>	3,59±0,32 <sup>a</sup>	6,15±0,15 <sup>a</sup>	20,3±0,2 <sup>a</sup>
1	50	30	16,49±1,36 <sup>b</sup>	0,438±0,005 <sup>c</sup>	3,77±0,27 <sup>a</sup>	3,30±0,15 <sup>b</sup>	77,0±1,4 <sup>b</sup>
2	50	25	16,57±0,81 <sup>b</sup>	0,490±0,009 <sup>b</sup>	3,60±0,02 <sup>a</sup>	2,00±0,87 <sup>d</sup>	76,0±0,0 <sup>b</sup>
3	70	19	17,62±2,15 <sup>b</sup>	0,393±0,005 <sup>d</sup>	3,66±0,07 <sup>a</sup>	2,85±0,00 <sup>c</sup>	74,0±2,0 <sup>b</sup>
4	70	14	17,40±1,55 <sup>b</sup>	0,427±0,003 <sup>c</sup>	3,58±0,02 <sup>a</sup>	2,10±0,00 <sup>d</sup>	74,0±2,0 <sup>b</sup>

Médias representam pelo menos três repetições ± desvio-padrão. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente, pelo Teste de Tukey, com 95% de confiança.

Fonte: Autor

Onde, ensaios correspondem a: **1** ao tratamento com 50 °C de secagem convectiva e sem D.O.; **2** ao tratamento com 50 °C de secagem convectiva e D.O de 6 horas de imersão, 40 °Brix e 34 °C; **3** ao tratamento com 70 °C de secagem convectiva e sem D.O.; **4** ao tratamento com 70 °C de secagem convectiva e D.O de 6 horas de imersão, 40 °Brix e 34 °C; **Umidade** do produto em base úmida; **A<sub>a</sub>** é atividade de água; **ATT** é acidez total titulável; **SST** é sólidos solúveis totais.

A redução da umidade da uva *in natura* provocou o aumento dos sólidos solúveis totais em todos os tratamentos de secagem, como o esperado para este tipo de processo, e, portanto, uma diminuição da atividade da água até 0,427, abaixo do limite para o desenvolvimento da maioria dos micro-organismos deterioradores ( $A_a = 0,6$ ), bem como diminuição da acidez total titulável.

O pH não sofreu alteração com o processo de secagem. Apesar de existir uma pequena diferença entre as umidades das passas, estas não são estatisticamente significativas. Entre os tratamentos sem e com D.O. na mesma temperatura de secagem, pode-se observar uma redução de 5 horas no tempo total de secagem e com o aumento da temperatura de 50 °C para e 70 °C esta redução foi maior de 11 h.



Os valores de pH, ATT, SST apresentados na Tabelas 10, estão coerentes com os estudos de secagem de uva, relatados na literatura como os estudos de Feldberg et al. (2008), para uvas Crimson produzidas no norte de Minas Gerais, que apresentou umidade de 80,4 %, pH de 3,53, ATT de 5,8 % expressa em ác. tartárico e SST de 19,2 °Brix para uvas *in natura* e para as uvas passas, umidade de 38,70 %, o pH de 3,79, a ATT de 1,95 % expresso em ác. tartárico e o SST de 61,39 °Brix, para a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C e por 20 horas. Carranza-Concha et al. (2012), para a cultivar Imperial *seedless in natura*, relataram umidade de 0,846 g/g, ATT de 494 mg ác. tartárico/100 g, SST de 18 °Brix e atividade de água de 0,972. Para as uvas passas secas em secador a 60 °C e velocidade de ar de 10 m.s<sup>-1</sup> por 34 horas apresentou umidade de 0,26 g/g, ATT igual a 1598 mg ác. tartárico/100 g, SST de 60,03 °Brix e atividade de água 0,82.

**Tabela 11:** Avaliação da cor e açúcares nas uvas passas e *in natura*.

Ensaio	Cor			Açúcares (mg/g)	
	L*	a*	b*	Glicose	Frutose
<i>In Nat.</i>	19,96±1,80 <sup>b</sup>	9,91±1,80 <sup>a</sup>	10,10±2,18 <sup>ab</sup>	55,76±3,35 <sup>a</sup>	43,55±1,88 <sup>a</sup>
1	12,76±1,90 <sup>a</sup>	6,26±0,79 <sup>c</sup>	8,99±1,87 <sup>b</sup>	357,63±4,34 <sup>b</sup>	227,28±4,80 <sup>b</sup>
2	17,63±1,75 <sup>bc</sup>	7,29±0,62 <sup>bc</sup>	9,63±1,00 <sup>ab</sup>	416,80±10,51 <sup>b</sup>	276,88±8,26 <sup>b</sup>
3	14,36±1,58 <sup>ac</sup>	7,28±0,52 <sup>bc</sup>	10,44±2,09 <sup>ab</sup>	357,62±8,08 <sup>b</sup>	228,00±7,05 <sup>b</sup>
4	18,00±2,08 <sup>bc</sup>	8,43±0,49 <sup>ab</sup>	11,72±1,08 <sup>a</sup>	374,25±3,75 <sup>b</sup>	267,54±3,00 <sup>b</sup>

Médias representam pelo menos três repetições analíticas ± desvio-padrão. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente, pelo Teste de Tukey, com 95% de confiança.

Fonte: Autor

Ao analisar a Tabela 11, observou-se que a cor apresentou uma pequena variação dos parâmetros de avaliação de cor entre os tratamentos e estes com as uvas *in natura*, podendo a variação estar relacionada com a falta de homogeneidade de cor da uva Crimson, como pode ser observado na Figura 8. Os açúcares como já se esperava, houve um aumento no seu teor com a secagem, e entre os tratamentos não foi observado estatisticamente diferenças significativas nos teores. A sacarose não foi possível a sua mensuração devido a baixa concentração nas amostras. Os resultados neste trabalho estão de acordo com os obtidos por Carranza-Concha et al. (2012) para a cultivar Imperial *seedless* de glicose (6,7 g/100 g na uva *in natura* e 26 g/100 g na uva passa) e frutose (8,3 g/100 g na uva *in natura* e 28,2 g/100 g na uva passa).



## **6. CONCLUSÕES**

Após Análise conclui-se:

O tratamento osmótico reduz o tempo de secagem da uva Crimson, quando comparado com as uvas secas sem pré-tratamento osmótico e que o aumento da temperatura de secagem de 50 °C para 70 °C também reduz o tempo de secagem das uvas.

Uvas passas com aproximadamente 17 % de umidade foram obtidas no menor tempo de secagem com D.O. de 40 °Brix, 6 h de imersão da uva na calda a 34 °C, nas temperaturas de secagem de 50 °C (25 h) e 70 °C (14 h) em comparação a uvas sem D.O., sem apresentar diferenças significativas nas sua qualidade físico-químicas.

Deste modo, este trabalho apresenta resultados que podem ser de grande utilidade no aproveitamento e agregação de valor para as uvas cv. Crimson produzidas no Vale do Submédio São Francisco.

## **7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Estudar outras combinações de tratamento osmótico (tempo de imersão, concentração e calda em temperatura ambiente) com a subsequente secagem em diferentes temperaturas;
- Avaliar sensorialmente as uvas passas obtidas nas melhores condições estuda;
- Avaliar o gasto energético e custos de produção para, juntamente com os parâmetros técnicos, indicar o processo mais adequado para a produção de uva passa da cultivar Crimson.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J. A. Quality Measurement of Fruits and Vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 207-225, 1999.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Especificações de cores de acordo com o sistema de notação Munsell – NBR 12694. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AGUIAR, A. M. L. **Avaliação de processo de concentração osmótica para obtenção de banana passa**. Campinas: UNICAMP, 2006. Dissertação, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas – SP.

AKPINAR, E. K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin-layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 99-104, 2006.

ALBUQUERQUE, T. C. S. de; ALBUQUERQUE, J. A. S. de; VIEIRA, S. M. do N. S. **Processamento de uvas-passa na região semiárida do Nordeste**. Petrolina: EMBRAPA CPATSA, 1987. 4p. (Comunicado Técnico, 21).

ALMEIDA, F. A. C.; RIBEIRO, C. F. A.; TOBINAGA, S.; GOMES, J. **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.

ALMEIDA, O; CALÇADA L. A; MASSARANI, G. Análise de um sistema para levantamento de Isotermas de secagem. **Revista Universidade Rural: Série Ciências Exatas da Terra, Seropédica**, v. 21, n. 1, p. 49-53, 2002.

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

ALVES, D. G.; BARBOSA Jr, J. L.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X. Desidratação Osmótica de Acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), **Journal of Food Engineering**, v. 68, p. 99-103, 2005.

AMAMI, E.;KHEZAMIL,L.;VOROBIEV, E.;KECHAOU, N. Effect of Pulsed Electric Field and Osmotic Dehydration Pretreatment on the Convective Drying of Carrot Tissue. **Drying Technology**, London, v. 26, p. 231-238. 2008.

ANDRADE, S. A. C.; METRI, J. C.; BARROS NETO, B.; GUERRA, N. B. Desidratação osmótica de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 276-281. 2003.

ANDRADE, S. A. C.; NETO, B. B.; NÓBREGA, A. C.; AZOUBEL, P. M.; GUERRA, N. B. Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa Americana* L.) **Journal of food Engineering**, v. 78, p. 551-555, 2007.

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.)**. 104 p. (Dissertação de mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

AOAC – **Official methods of analysis of AOAC International**. 16º Ed., São Paulo, v. 2, p.16. 1998.

ARÉVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Influência da pressão, temperatura e pré tratamentos na secagem a vácuo de cenoura e abóbora. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 636-643, 2005.

ARIAS, R.; LEE, T. C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. “Correlation of lycopene measured by HPLC with the L\*, a\*, b\* color readings of a hydroponic tomate and the relationship of maturity with color and lycopene content”. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 48, p. 1697-1702, 2000.

AUERSWALD, H.; PETERS, P.; BRÜCKNER, B.; KRUMBEIN, A.; KUCHENBUCH, R. Sensory analysis and instrumental measurements of shortterm stored tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 323-334, 1999.

AZEREDO, H. M. C.; JARDINE, J. G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 78-82, 2000.

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

BAHIA. Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. Mamão. Disponível em <<http://www.bahia.ba.gov.br/seagri/mamao1.htm>>, acesso em: 11 de setembro de 2004.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; VEGA-MERCADO, H. **Deshidratación de alimentos**. Espanha: Ed. Acribia S.A., 297 p, 2000.

BERG, V. D. C. **Vapour sorption equilibria and other water-starch interactions: a physico-chemical approach**. 1981. 186 p. Thesis (Doctoral) Agricultural University, Wageningen, The Netherland, 1981.

BOEIRA, J. B. **Estudo experimental da obtenção de pêssego desidratado (var. Marli e Springcrest) por desidratação osmótica e secagem complementar**. 68 p., Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Florianópolis, SC, 2005.

BOEIRA, J. B.; STRINGARI, G. B.; LAURINDO, J. B. **Estudo da desidratação de pêssegos por tratamento osmótico e secagem**. B.CEPPA, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 77-90, 2007.

BOKI, K.; OHNO, S. Equilibrium isotherm equations to represent moisture sorption on starch. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 4, p. 1106-1110, 1991.

BRASEQ – BRASILEIRA DE EQUIPAMENTOS Ltda. **Entendendo a atividade de água (Aa) e sua importância para a qualidade de alimentos e outros produtos em geral**. Jarinu: Braseq, 2006. 10 p.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para Produtos de Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis**, revogando a resolução - CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978. Diário Oficial da União, Brasília 23 de setembro de 2005.

BRENNAN, J. G. **Food Dehydration: A Dictionary and Guide**. 1<sup>st</sup> Ed. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1994.

BRITO SANTOS, E. H.; AZEVÊDO, L. C.; BATISTA, F. P. R.; MATOS, L. P.; LIMA, M. S. Caracterização química e sensorial de uvas desidratadas, produzidas no Vale do São Francisco para infusão. **Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 1, n. 2, p. 134-147, 2011.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of the American Chemical Society**, Easton, v. 60, n. 2, p. 309-319, 1938

CANO-CHAUCA, M. **Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação da banana (Musa spp.) Nanica (AAA)**. 2000. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2000.

CARDOSO, R. L.; FERREIRA, V. L. P.; MONTGOMERY, M. W.; YOTSUYANAGI, K. Efeito do tempo, luz e temperatura na cor da geleia de jambo vermelho (*Eugenia malaccensis* L.), **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 28-31, 1997.

CARRANZA-CONCHA, J.; BENLLOCH, M.; CAMACHO, M. M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effects of drying and pretreatment on the nutritional and functional quality of raisins. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, p. 243-248, 2012.

CARVALHO, W.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, H. R.; BOITEUX, L. S.; GIORDANO, L. B. “Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica”, **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 232 n. 3, p. 819-825, 2005.

CASTRO, A. G. **A Química e a Reologia no Processamento dos Alimentos**. Mirandela, Portugal:Certa Instituto Piaget, 2002. 295 p.

CELESTINO, S. M. C. **Desidratação osmótica na produção de frutas passa e sulfitação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/152/>>, acesso em: 19 de janeiro de 2011.

CHIRALT, A.; TALENS, P. Physical and Chemical Changes Induced by Osmotic Dehydration in Plant Tissues. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 167-177, 2005.



CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: UFLA, 783 p., 2005.

CHUA, K. J.; MUJUMDAR, A. J.; CHOU, S. K.; HAWLADER, M. N. A.; HO, J. C. Convective Drying of Banana, Guava and Potato Pieces: Effect of Cyclical Variations of Air Temperature on Drying Kinetics and Color Change. **Drying Technology**, v. 18, p. 907-936, 2000.

COCOZZA, F. Maturação e conservação de manga Tommy Atkins submetida à aplicação pós-colheita de metilciclopropeno. 2003. 198 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2003.

CÓRDOVA, K. R. V. **Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva de Maçã Fuji Comercial e Industrial**. 140 p., Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Curitiba-PR, 2006.

DALLA ROSA, M.; GIROUX, F. Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 223-236, 2001.

DANTAS, C. J. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. 100 p.: il. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Química. Natal - RN, 2010.

DIONELLO, R.G.; BERBERT, P.A.; BERBERT-MOLINA, M.A.; VIANA, A.P.; CARLESSO, V.O.; QUEIROZ, V.A.V. Desidratação por imersão-impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 701-709, 2007.

DOYMAZ, I. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices, **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 79, p. 243–248, 2007.

DOYMAZ, I.; PALA, M. The thin-layer characteristics of corn. **Journal of Food Engineering**, v. 60, p. 125-130, 2007.

EL-AOUAR, A. A.; AZOUBEL, P. M.; BARBOSA JR, J. L.; MURR, F. E. X. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya

(*Carica papaya* L.). **Journal of Food Engineering**, n. 75, p. 267–274, 2006.

EL-AOUAR, A. A. **Estudo do processo de secagem de mamão formosa (*Carica papaya* L.) fresco e pré-tratado osmoticamente**. 215 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas – SP, 2005.

EL-AOUAR, A. A.; MURR, F. E .X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas - SP, v. 23, n. 1, p. 69-75, 2003.

EMBRAPA. **Dados da vitivinicultura: importação de uvas secas (passas)**. Disponível em: [http://www.cnpuv.embrapa.br/prodserv/viticultura/importacao/passas\\_2005\\_2009.html](http://www.cnpuv.embrapa.br/prodserv/viticultura/importacao/passas_2005_2009.html), acesso em: 15 de outubro de 2010.

EREN, I.; KAYMAK-ERTEKIN, F. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 344–352, 2007.

FALCONE, M. A.; SUAZO, V. A. T. Desidratação osmótica do abacaxi (*Ananas comosus* L.). Parte I. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Florianópolis, v. 22, n. 1-2, p. 17-35, 1988.

FARIA, G. S. M. **Influênciado processo de secagem convectiva na qualidade da carragenana extraída de *Kappaphycus alvarezii***. 76 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Florianópolis - SC, 2012.

FELDBERG, N. P.; MOTA, R. V. da; SIMÕES, W. L.; REGINA, M. de A. Viabilidade da utilização de descartes de produção de uvas sem sementes para elaboração de passas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 846-849, 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Práticas**. Tradução: Florência Cladera Olivera et al. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 602 p., 2006.

FELLOWS, P. **Food Processing Technology – Principles and Practice**, 2º. Ed. Boca Raton: CRC Press, Florida, 2000.

FELLOWS, P. J. **Tecnología del procesamiento de los alimentos: Principios Y prácticas.**, Zaragoza, España: Acríbia S.A, p. 9-15; p. 287-323, 1994.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. **Food Research International**, v. 39, p. 492-498, 2006.

FERREIRA, A. B. H. **Desidratação**: In: Novo dicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira S. A., p. 565, 2003.

FERREIRA, S. M. R. **Controle de qualidade em sistemas de alimentação coletiva I**. São Paulo, SP: Livraria Varela, 2002. 173 p.

FIGUEIREDO, R. Equação para o teor de umidade de equilíbrio estático para produtos biológicos. **Revista de Tecnologia e Ciência**, João Pessoa - PB, v. 3, n. 1, p. 9-11, 1994.

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

FORNI, E.; SORMANI, A.; SCALISE, S.; TORRIGGIANI, D. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. **Food Research International**, v. 30, p. 87-94, 1997.

FORTEA, M. I.; LÓPEZ-MIRANDA, S.; SERRANO-MARTÍNEZ, A.; CARREÑO, J.; NÚÑEZ-DELICADO, E. Kinetic characterisation and thermal inactivation study of polyphenol oxidase and peroxidase from table grape (Crimson *seedless*). **Food Chemistry**, v. 113, n.4, p.1008-1014, 2009.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 82, p. 246-252, 2007.

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

GERMER, S. P. M.; QUEIROZ, M. R.; AGUIRRE, J. M.; BERBARI, S. A. G.; ANJOS, V. D. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 161–169, 2011.

GIMENO, O.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I.; BELLO, J. Characterization of Chorizode Pamplona: Instrumental Measurements of Colour and Texture. **Food Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 195-200, 2000.

GONZALES, A. P.; BURIN, L.; BUERA, M. P. Color changes during storage of honeys in relation to their composition and initial color. **Food Research International**, v. 32, n. 3, p. 185-191, 1999.

GOUVEIA, J. P. G. de. **Avaliação da cinética de secagem de gengibre (*Zingiber officinale*, Roscoe) em um secador de leito fixo**. 161 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Campinas – SP, 1999.

HAWKES, J.; FLINK, J.M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v.2, n.4, p.265-284, 1978.

HIRATSUKA, S.; ONODERA, H.; KAWAI, Y.; KUBO, T.; ITOH, H.; WADA R. ABA and sugar effects on anthocyanin formation in grape Berry cultured in vitro. **Scientia Horticulturae**, n. 90, p. 121-130, 2001.

HOSSAIN, M. D.; BALA, B. K.; HOSSAIN, M. A.; MONDOL, M. R. A. Sorption isotherms and heat of sorption of pineapple. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 48, p. 103-107, 2001.

HUNTERLAB. Applications Note. v. 13, n. 2, 2001. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com>>, acesso em: 18 de dezembro de 2010.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Unit Operations in Food Engineering**. CRC Press, 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.aspP>>, acesso em: 18 de dezembro de 2010.

IBGE. **Dados de Previsão de Safra. Produção** - Brasil - abril 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp1>>, acesso em: 03 de junho de 2011.

IBRAVIN. Disponível em: <[http://www.ibravin.com.br/int\\_noticias.php](http://www.ibravin.com.br/int_noticias.php)>, acesso em: 15 de outubro de 2010.

IKOKO, J.; KURI, V. Osmotic pre-treatment effect on fat intake reduction and eating quality of deep-fried plantain. **Food Chemistry**, v. 102, p. 523-531, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químico para análise de alimentos** / coordenadores: Odair Zenebon; Neus SadoccoPascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Inst. Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

ISPIR, A.; TOĞRUL, I. T. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process arameters. **Chemical Engineering Research and Design**, n. 87, p. 166–180, 2009.

ITO, A. P.; CAVENAGHI, M.; BERTOLDO, C.; PARK, K. J.; HUBINGER, M. D. Efeito do processo de desidratação osmótico a pulso de vácuo na transferência de massa e nas propriedades reológicas e de cor de fatias de manga. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas - SP, v. 27 (supl.): p. 54-63, 2007.

JENA, S.; DAS, H. Modelling for moisture variation during osmo-concentration in apple and pineapple. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 66, p. 425-432, 2005.

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

KARATHANOS, V. T. Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 39, n. 4, p. 337-344, 1999.

KECHAOU, N.; MAALEJ, M. Desorption isotherms of imported banana. **Drying Technology**, New York, v. 17, n. 6, p. 1201-1213, 1999.

- KHOYI, M. R., HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, Pullman, n. 78, p. 1355-1360, 2007.
- KIRANOUDIS, C. T.; TSAMI, E.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying kinetics of some fruits. **Drying Technology**, New York, v. 15, n. 5, p. 1399-1418, 1997.
- KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 49, p. 137-140, 2001.
- KROKIDA, M. K.; KIRANOUDIS, C. T.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying related properties of apple. **Drying Technology**, New York, v. 18, n. 6, p. 1251-1267, 2000.
- KROKIDA, M. K.; TSAMI, E.; MAROULIS, Z. B. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. **Drying Technology**, New York, v. 16, n. 3-5, p. 667-685, 1998.
- LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. **Drying Technology**, New York, v. 14, n. 2, p. 391-413. 1996.
- LEÓN, K.; MERY, D.; PEDRESCHI, F.; LEÓN, J. Color measurement in  $L^*a^*b^*$  units from RGB digital images. **Food Research International**, v. 39, n. 10, p. 1084-1091, 2006.
- LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science & Technology**, n. 17, p. 153-163, 2006.
- LEWICKI, P. P. Water as the determinant of food engineering properties. A review, **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 61, p. 483-495, 2004.
- LIMA, A. da S.; FIGUEIREDO, R. N. de; MAIA, G. A.; LIMA, J. R. e SOUZA, P. H. M. de. Estudo da Estabilidade de Melões Desidratados Obtidos por Desidratação Osmótica Seguida de Secagem Convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal -SP, n. 1, v. 26, p. 107-109, 2004.
- LIMA, A. G. B. de.; NEBRA, S. A.; QUEIROZ, M. R. de. Aspectos científicos e tecnológicos da Banana. **Revista Brasileira de Produtos**

**Agroindustriais.** Campinas, SP. 2000. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev21/Art210.pdf>>, acesso em: 15 de janeiro de 2011.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; GUERRA, N. B. “Correlação entre o teor de antocianinas e caracterização cromática de polpas de diferentes genótipos de aceroleira”, **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas – SP, v. 10, n. 1, p. 51-55, 2007.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture isotherm equations. 1: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 18, n. 2, p. 111-117, 1985.

LOMBARDA, G. E.; OLIVEIRAC, J. C.; FITOB, P.; ANDRÉS, A. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 85, n. 2, p. 277-284, 2008.

LOPES, R. P.; SILVA, J. S.; REZENDE, R. C. Princípios básicos da psicometria. In: SILVA, J. S. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. 1ª ed. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 39-62. 2000.

LOUKA, N.; JUHEL, F.; ALLAF, K. Quality Studies on Various Types of Partially Dried Vegetables Texturized by Controlled Sudden Decompression General Patterns for the Variation of the Expansion Ratio. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 65, p. 245-253, 2004.

LOZANO, J. E.; IBARZ, A. Colour change in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 31, n. 1, p. 365-373, 1997.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2008.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 11, n. 3, p. 301–306, 2007.

MARTINS, M. C. P.; CUNHA, T. L.; SILVA, M. R. Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas -SP, 28 (Supl.): p. 158-165, 2008.

MARTINS, P. C.; PORTO, P. S. S.; PINTO, L. A. A. Study of the physical and transport properties in the onion (*Allium cepa* L.) drying in thin layer. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas - SP, v. 24, n. 3, p. 319-326, 2004.

MASHIMA, C.H. **Perfil de Negócios - Uva sem Sementes**. SEBRAE: Recife, 2000. 36p.

MATOS, E. H. S. F. Dossiê técnico sobre processamento de frutas desidratadas, Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas, Brasília: UnB, 2007. Disponível em: <<http://sbrt.ibict.br/upload/dossies/sbrt-dossie41>>, acesso em: 23 de fevereiro de 2011.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2. ed. Florida: CRC Press, 394 p., 1991.

MELLO, L. M. R. & MACHADO, C. A. E. **Dados da Viticultura: Importação de uvas passas (2011)**, em [http://viti brasil.cnpuv.embrapa.br/index.php?sopcao=sopt\\_05&opcao=opt\\_05](http://viti brasil.cnpuv.embrapa.br/index.php?sopcao=sopt_05&opcao=opt_05), acesso em: 26 de março de 2013.

MELLO, L. M. R. **Atuação do Brasil no mercado vitivinícola mundial em 2012**. *Jornal A Vindima*, ed 49, Artigo Técnico, Flores da Cunha, RS, 2013. Disponível em [http://www.avindima.com.br/interna\\_noticias.php?id=564&secao=11](http://www.avindima.com.br/interna_noticias.php?id=564&secao=11), acesso em: 26 de março de 2013.

MELLO, L. M. R. de. **Viticultura brasileira: Panorama 2011**. Bento Gonçalves: EMBRAPA UVA e VINHOS, 2012 a. (Comunicado Técnico, 115).

MELLONI, P. L. S. **Produção de Frutas Desidratadas**, Viçosa – MG: CPT, 2003.

MELONI, P. L. S. **Desidratação de Frutas e Hortaliças**. Fortaleza: Instituto frutal, 2003a. 87 p.



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. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas - SP, v. 13, n. 2, p. 91-97, 2010.

MORAES, M. A.; ROSA, G. S.; PINTO, L. A. A. Estudo das isotermas de equilíbrio para quitina: Determinação do calor de desorção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2005, São Paulo. *Anais...* São Paulo: UNICAMP, 2005.

MOREIRA, M. F. P. **Secagem de Gel Agar**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2000.

MOURA, R. S. F.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G., SILVA, M. M.; FIGUEIRÊDO NETO, A. Efeito da temperatura e da velocidade do ar na secagem de caju. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, *Anais...*, 2001, Pelotas, 2001. Cd Rom.

MRAD, N. D.; BONAZZI, C.; BOUDHRIOUA, N.; KECHAOU, N. & COURTOIS, F. **Moisture Sorption Isotherms, Thermodynamic Properties, and Glass Transition of Pears and Apples**, *Drying Technology*, v. 30, p. 1397–1406, 2012.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. 3rd Ed. CDC Press, Boca Raton, 2007.

MURARI, R. C. B. D. L. **Cinética da desidratação osmo-convectiva de tomates**. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. São José do Rio Preto – SP, 2000.

NIJHUIS, H. H.; TORRINGA, E.; LUYTER, H.; RENÉ, F.; JONES, P.; FUNEBO, T.; OHLSSON, T. Research needs and opportunities in the dry conservation of fruit and vegetables, **Drying Technology**, n. 14, v. 6, p.1429-1457, 1996.

O.I.V. **Recueil des methodes internationales d'analyse des vins et des moûts**. Office Internacional de la vigne et du vin, Paris. 1990.

OLIVEIRA FILHO, F. A. **Produção, área colhida e efetivo de uva no Nordeste**. Informe Rural ETENE, n. 5, p. 1-6, 2011.

OLIVEIRA, A. P. V.; FRASSON, K.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Medida instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 191-196, 2003.

OLIVEIRA, L. F. de. **Efeito dos Parâmetros do Processo de Desidratação de Jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.) Sobre as Propriedades Químicas, Físico-químicas e Aceitação Sensorial**. 121 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Seropédica - RJ, 2009.

OLIVEIRA, M. **Efeito da composição química, origem e grau de maturação sobre a cor e a crocância da banana nanica obtida por secagem HTST**, Dissertação (mestrado) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. Tecnologia de Alimentos. Tradução: Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 294 p. 2005.

OSWIN, C. R. The kinetics of package life: III isotherm. **Journal of the Society Chemical Industry**, v. 65, p. 419-421, 1946.

PAES, S.S. **Estudo da impregnação a vácuo de maçãs (var. Gala)** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Considerações termodinâmicas das isotermas. Revista **Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 83-94, 2008.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Drying of pear d'Anjou with and without osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 56, p. 97-103, 2002a.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R.; PARK, H. K. B. P. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 52, p. 293-298, 2002.

PARK, K. J.; NOGUEIRA, R. I. Modelos de ajuste de isothermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 81-86, 1992.

PARK, K. J.; SANDRINI, D.; BROD, F. P. R. Avaliação dos parâmetros de secagem de melissa (*Melissa officiallis* L.). **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 20, n. 2, p. 179-187, 2000.

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

PELEG, M. **A Research Note, An Empirical Model for the Description of Moisture Sorption Curves**, Journal of food Science, v. 53, n. 4, p. 1216 – 1219, 1988.

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

PENOV, N.; ROYTCHEV, V.; CHRISTOV, C.H. Influence of osmotic treatment in the drying of sultanina grapes (*Vitis vinifera* L.), **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, 15 (No 5), p. 386-392, 2009.

PENSA, Centro de Conhecimento em Agronegócios. **Projeto integrado de negócios sustentáveis – PINS: cadeia produtiva de frutas secas/desidratadas**. Brasília, DF: CODEVASF, 33 p. : il. ; 30 cm, 2008.

PETROLINA (Pernambuco), VALEXPORT – Associação dos Produtores Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco, Paper de 22 anos, 2010.

PFEIFFER, C.; D'AUJUORD'HUI, M.; WALTER, J. Optimizing food packaging and shelf life. **Food Technology**, Chicago, v. 53, n. 6, p. 52-59, 1999.

PHOTON, F.; AHRNE, L. M.; FUNEBO, T.; KIDMAN, S.; LANGTON, M.; SJOHOLM, I. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration

characteristics. **Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie**, v. 34, p. 95-101, 2001.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Influencia do CaCl<sub>2</sub> sobre a qualidade pós-colheita do abacaxi cv. Perola. **Ciência de Alimentos**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 32- 36, jan.-mar, 2005.

PLININIC, M.; VELIC, M.; TOMAS, D.; BILIC, S.; BUCIC, M. A. Modelling of dryng and rehydration of carrots using Peleg's model. **European Food Research and Technology**, v. 22, p. 446-451, 2005.

POINTING, J. D.; WATTERS, G. G.; FORRREY, R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, v. 20, n. 10, p. 1365-1368, 1966.

POMMER, C. V.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; PASSOS, I. R. S.; MARTINS, F. P. **Introdução dos cultivares de uva de mesa 'Fantasia' e 'Ruiva' no Brasil**. Sci. agric. vol. 56, n.1, p. 247 – 252, Piracicaba – SP. 1999.

PONTING, J. D. Osmotic dehydration of fruits: recent modifications and applications. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 8, p. 18-20, 1973.

PORCIUNCULA, B. D. A. **Desenvolvimento de processo integrado de desidratação e modificação da textura de banana (Var. Prata) por secagem convectiva e pulsos de vácuo**. 96 p.: il., graf., tabs. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Florianópolis, SC, 2010.

PORTO, M. A. L. **Otimização da desidratação osmótica de uva Crimson Seedless (*Vitis vinifera* L.)**. 63p Disertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciências Domésticas. Recife, 2011.

PRADO, M. E. T.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T. Shrinkage of dates (*Phoenix dactilyfera*). **Drying Technology**, New York, v. 18, n. 1/2, p. 295–310, 2000a.

QUAST, E.; GERMER, S. M.; BARBOSA, W.; LOPEZ, S. O. Avaliação do tratamento de superfície e da pré-secagem osmótica de ameixa japonesa

‘reubennel’. **PUBLICATIO UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, 15 (3): p 175 – 180, 2009.

QUEIROZ, V. A. V.; BERBERT, P. A.; BERBERT-MOLINA, M. A.; GRAVINA, G. A.; QUEIROZ, L. R.; Deliza, R. Desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção de goiaba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.10, v.42, p.1479-1486, 2007.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v. 46, n. 5, p. 386-392, 2007.

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

RAOULT-WACK, A. L.; LENART, A.; GUILBERT, S. **Recent advances in dewatering through immersion in concentrated solutions ("Osmotic dehydration")**. En: Drying of solids. Ed. Mujumdar, A.S. p. 21-51, 1992.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K., Developments in osmotic dehydration. **Emerging Technologies for Food Processing – Food Science and Technology, International Series**. Edited by Da-Wen Sun. Elsevier Academic Press, p. 221-249, 2005.

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

RASTOGI, N. K.; ESHTIAGHI, M. N.; KNORR, D. Accelerated mass transfer during osmotic dehydration of high intensity electrical field pulsed pretreated carrots. **Juornal of Food Science**, v. 64, p. 1020-1023, 1999.

RASTOGI, N. K.; NIRAJAN, K. Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high pressure treated pineapple. **Juornal of Food Science**, v. 63, p. 508-511, 1998.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Mass Transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. **Lebensm-wiss. U. Technol.** v. 37, p. 43-47, 2004.

RIBEIRO, C. F. A., **Métodos combinados de desidratação osmótica e secagem para conservação de manga Tommy Atkins**. 85p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Agrícola, Campina Grande – PB, 2004.

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

RIBEIRO, S. C. A.; PARK, K. J.; HUBINGER, M. D.; RIBEIRO, C. F. A.; ARAÚJO, E. A. F.; TOBINAGA, S. Análise sensorial de músculo de mapará com e sem tratamento osmótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, ed. 30, p. 24-32, 2010.

RINALDI, M. M. **Perdas pós-colheita devem ser consideradas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/306>, acesso em: 19 de março de 2013.

RIVA, M.; CAMPOLONGO, S.; LEVA, A. A.; MAESTRELLI, A.; TORREGGIANI, D. **Structure-property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes**. Food Research International, v. 38, p. 533-542, 2005.

SANTOS, I. P. **Parâmetros de qualidade na produção de abacaxi desidratado**. 134 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Montes Claros, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido. Janaúba, MG, 2011.

SHI, X.Q.; MAUPOEY, P. F. Mass Transfer in Vacuum Osmotic Dehydration of Fruits: A Mathematical Model Approach, **Lebensmittel Wissenschaft und-Technologie**, v.27, p. 67-72, 1994.

SHIGEMATSU, E.; EIK, N. M.; KIMURA, M.; MAURO, M. A. Influência de pré-tratamento sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol. 25, n. 3, p. 536-545, 2005.

SILVA, J. S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora, MG: Instituto Maria, 250 p. 1995.

SILVA, M. J. V. da. **Desidratação osmótica de polpa de jaca seguida de secagem convectiva**. 86 p Dissertação (mestrado) – Universidade Federal

de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB, 2011.

SIMAL, S.; BENEDITO, J.; SÁNCHEZ, E. S.; ROSELLÓ, C. Use of ultrasound to increase mass transport rate during osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 36, p. 323-336, 1998.

SINNECKER, P.; GOMES, M. S. O.; ARÊAS, J. A.; LANFERMARQUEZ, U. M. Relationship between color (instrumental and visual) and chlorophyll contents in soybean seeds during ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 14, p. 3961-3966, 2002.

SMITH, S. E. The sorption of water vapour by high polymers. **Journal of the American Chemical Society**, Easton, v. 69, p. 646, 1947.

SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S.; Editores técnicos, **A viticultura no Semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 756 p., 2009.

SOUSA, P. H. M.; SOUZA FILHO, M. S. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA NETO, M. A.; CARVALHO, J. M. Avaliação das curvas de secagem e da alteração da cor e textura da banana processada por desidratação osmótica seguida de secagem. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, p. 179-185, 2003.

SOUZA LEÃO, P. C. **Comportamento das Variedades de Uva Sem Sementes Crimson Seedless e Fantasy Seedless no Submédio São Francisco**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 56 - EMBRAPA SEMI ÁRIDO, 21p, 2001.

SOUZA LEÃO, P. C.; BRANDÃO, E. O.; GONÇALVES, N. P. S. **Caracterização agrônômica e molecular do clone Itália Muscat no submédio do Vale do São Francisco**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, n. 1, p. 297-302, 2011.

SOUZA, M. P.; PORTO, P. S. S.; PINTO, L. A. A.; BATISTA, L. M. Isotermas de Sorção para Cebola (*Allium cepa* L.) Utilizando Soluções Ácidas e soluções Salinas Saturadas. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA – CRICTE, 17., 2000, Rio Grande. **Anais...** Rio Grande, RS: FURG, 2000. CD-ROM, p. 1-6.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*theobroma grandiflorum*)**. 67 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação “Strictu Senso” do Curso de Especialização em Engenharia de Alimentos. Itapetinga, BA, 2011.

SPIAZZI, E.; MASCHERONI, R., Mass transfer model for osmotic dehydration of fruits and vegetables – I. development of the simulation model. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 34, p. 87-410, 1997.

STRUMILLO, C.; ADAMIEC, J. Energy and quality of food drying. **Drying Technology**, v. 14, n. 2, p. 443-448, 1996.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Drying: Principles, Applications and Design**. Gordon and Breach Science Publishers. 1986.

TELIS, V. R. N.; GABAS, A. L.; MENEGALLI, F. C.; TELIS-ROMERO, J. Water sorption thermodynamic properties applied to persimmon skin and pulp. **Thermochimica Acta**, v. 343, n. 1-2, p. 49-56, 2000.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research Internacional**, v. 26, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. **Osmotic pré-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects**. *Journal Food Process Engineering*, v. 49, n. 2 - 3, p. 247 - 253, 2001.

TRAVAGLINI, D. A. et al. **Banana-Passa: Princípios de secagem, conservação e produção industrial**. Campinas: ITAL/ Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1995. 73 p. (Manual Técnico, 12).

TUNICK, M. H. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 8, p. 1892-1989, 2000.

UDDIN, M. B.; AINSWORTH, P.; IBANOĞLU, Ş. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 473–477, 2004.

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



VALDÉS, S. M.; REGODON, M. J. Estudio del color procedente de dos comarcas vitivinícolas extremeñas I. vinos tintos. **Alimentaria**, p. 96-102, 1996.

VALENTE, P. P. S. da S. **Desidratação osmótica e secagem de abacaxi (*Ananás comosus* (L) Merrill), variedade pérola**. 124p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

VAN DEN BERG, C. & BRUIN, S. Water activity and its estimation in food systems: theoretical aspects. In: **Water activity: Influences on Food Quality**. Ed. L.B. Rockland and G. F. Stewart, Academic Press, 1981.

VEGA, A.; FITO, P.; ANDRÉS, A.; LEMUS, R. Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 79, p. 1460-1466, 2007.

ZOTARELLI, M. F. **Desenvolvimento de processo combinado de desidratação e modificação da textura de manga por secagem convectiva e pulsos de vácuo**. 112 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Florianópolis, SC, 2010.

ZOTARELLI, M. F.; PORCIUNCULA, B. D. A.; LAURINDO, J. B. Um processo convectivo multi-flash de secagem para a produção de frutas desidratadas crocantes. **Journal of Food Engineering**, Pullman, v. 108, p. 523–531, 2012.