



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

Secagem por atomização de polpa de ciriguela (*Spondias purpurea L.*): Influência das variáveis de processo, avaliação sensorial e caracterização físico-química

BÁRBARA DENIZE MENDES DE MORAIS

Recife

2014

BÁRBARA DENIZE MENDES DE MORAIS

Secagem por atomização de polpa de ciriguela (*Spondias purpurea L.*): Influência das variáveis de processo, avaliação sensorial e caracterização físico-química

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Inês Sucupira Maciel: DCD/UFRPE

Recife

2014

Dedico,

*Aos meus pais e minha irmã por toda a paciência, carinho,
apoio... dedicados a mim durante esta jornada.*

A vocês, meu eterno amor e gratidão!!!

Agradeço,

- ♥ A Deus, por toda força, paciência e sabedoria concedida.
- ♥ A meus pais, Marta e Antônio Morais, pela atenção, compreensão e principalmente, pelo cuidado que sempre dedicaram aos meus estudos. Minha irmã, Bruna Morais, pelo apoio e incentivo para a realização deste mestrado.
- ♥ A todas (os) as (os) amigas (os) que direta ou indiretamente me incentivaram durante estes 2 anos e 6 meses de curso.
- ♥ A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Inês Sucupira Maciel pela orientação e ensinamentos.
- ♥ Aos docentes do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PGCTA), principalmente as Prof^a. Dr^a. Enayde A. Melo e Samara A. C. Andrade pelas contribuições realizadas na análise do potencial antioxidante e estatística, respectivamente.
- ♥ A Ana Ribeiro, secretária do PGCTA, por toda ajuda concedida.
- ♥ A Marcony, meu PIBIC no projeto, pela ajuda na realização dos experimentos, principalmente durante o manuseio do *spray dryer*.
- ♥ À banca examinadora por todas as contribuições.
- ♥ Ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos pertencente ao Departamento de Tecnologia Rural (UFRPE), por ceder o espaço para realização da análise microbiológica. Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise e ao Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia, ambos pertencentes ao Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), pela realização das análises de Morfologia e Distribuição de Partículas, respectivamente.

Muito Obrigada!!!

“É graça divina começar bem.

Graça maior persistir na caminhada certa.

Mas graça das graças é não desistir nunca”.

(Dom Hélder Câmara)

*“O esforço dirigido a um objetivo tem sempre por prêmio,
com a consecução daquilo a que se aspira,
a satisfação que o triunfo proporciona”.*

(Thomas Wittlam Atkinson)

RESUMO

A ciriguela (*Spondias purpurea* L.) é uma fruta tropical, nativa da América Central, com grande dispersão na região nordeste do Brasil. Seus frutos são muito apreciados e valorizados, principalmente por possuir características sensoriais bastante expressivas, com perspectiva crescente de aceitação no mercado nacional e internacional. Visando expandir a gama de produtos elaborados desta fruta, o presente trabalho teve como objetivo a obtenção da polpa de ciriguela em pó pelo processo de secagem em *spray dryer* utilizando maltodextrina 10DE como agente carreador. Inicialmente, avaliou-se a influência das condições de processo sobre a umidade, atividade de água, higroscopicidade, cor e retenção de carotenóides, através de um delineamento composto central rotacional 2³ completo. Em seguida foram escolhidas as melhores condições de secagem: condição A (170°C, 0,36 l/h e 14%) e condição B (110°C, 0,36 l/h e 26%). As partículas produzidas nestas condições foram então submetidas à análise microbiológica, seguidas da análise sensorial. O néctar produzido na condição B apresentou as maiores médias no teste de aceitação, preferência e intenção de compra, sendo este pó submetido à análise composição química, densidade aparente e absoluta, porosidade, solubilidade, distribuição do tamanho de partículas, morfologia e atividade antioxidante. A densidade aparente e absoluta apresentaram valores de 0,61g/mL e 1,26g/mL e a porosidade e solubilidade foi de 51,90% e 79,66%, respectivamente. A morfologia das partículas apresentou uma tendência ao formato esférico, algumas com superfície lisa, porém a maioria apresentando superfície levemente rugosa e em forma de aglomerados. O diâmetro médio das partículas foi de $12,52 \pm 7,15\mu\text{m}$, considerado pequeno em relação a outros pós de frutas. A ciriguela em pó apresentou teor significativo de fenólicos totais e atividade antioxidante relativamente fraca na captura do radical DPPH, porém boa capacidade de captura do radical ABTS. Observou-se que os resultados obtidos na caracterização da ciriguela em pó foram similares ao de outras frutas atomizadas, e que este processo de secagem, se apresenta como uma boa opção para aproveitar os excedentes de produção da ciriguela, tornando o produto acessível durante o período entre a safra, e principalmente diversificar a forma de consumo desta fruta.

Palavras-chave: *Spondias purpurea* L., *spray dryer*, caracterização.

ABSTRACT

The ciriguela (*Spondias purpurea L.*) is a tropical fruit, native of the Central America, with a large dispersion in northeastern Brazil. Its fruits are appreciated and valued, mainly by having sensory characteristics very expressive, with increasing prospect of acceptance in the national and international markets. In order to diversify the products made from this fruit, the present study aimed to obtain the red mombin powder by atomization process in spray drying utilized maltodextrin 10DE whit carried agent. The influence of process conditions was evaluated on the moisture content, water activity (aw), hygroscopicity, colour and retention of total carotenoids, using a randomized central composite design (RCCD) 2^3 complete. After the best drying conditions were chosen: condition A (170 ° C, 0.36 l / h and 14%) and condition B (110 ° C, 0.36 l / h and 26%) . The particles produced under these conditions were then subjected to microbiological analysis followed by sensory analysis. The nectar produced in condition B showed the highest averages in the test of acceptance, preference and purchase intent, and was subjected to chemical composition analysis, density, porosity, solubility, particle size distribution, morphology and antioxidant activity. The absolute and apparent density had values of 0.61 g/ml and 1.26 g/ml and the porosity and solubility was 51.90% and 79.66%, respectively. The morphology of the particles tended to spherical shape, some with smooth surface, but the majority presenting slightly rough surface and form clusters. The average particle diameter was $12.52 \pm 7.15 \mu\text{m}$, considered small compared to other fruit powders. The red mombin powder showed significant total phenolic content and antioxidant activity relatively weak in capturing the DPPH radical, but good ability to capture the ABTS radical. It was observed that the results obtained in the characterization of red mombin fruit powder were similar to the atomised other fruit, and that this drying process is presented as a good choice for making the overproduction of red mombin fruit, making the product available during the between harvest and mainly diversify the form of consumption of this fruit.

Keywords: *Spondias purpurea L.*, spray dryer, characterization.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1. Frutos de Ciriguela (<i>Spondias Purpúrea</i> L.).....	6
Figura 2. Estrutura química dos carotenos.....	10
Figura 3. Estrutura química das xantofilas.....	10
Figura 4. Atomizador utilizado nos ensaios de secagem.....	18
Figura 5. Diagrama esquemático da configuração de um <i>spray dryer</i>	19
Figura 6. Dois tipos diferentes de estrutura de microcápsulas.....	21
Figura 7. Agente Carreador Maltodextrina 10DE.....	24

ARTIGO I

Figura 1. Superfície de resposta da umidade em função da vazão mássica (L/h) e temperatura (°C) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.....	59
Figura 2. Superfície de resposta da atividade de água em função da temperatura (°C) e da vazão mássica (L/h) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.....	60
Figura 3. Superfície de resposta para a coordenada L* em função da vazão mássica (L/h) e temperatura (°C) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.....	62
Figura 4. Superfície de resposta para a coordenada a* em função da vazão mássica (L/h) e temperatura (°C) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.....	63
Figura 5. Superfície de resposta para a coordenada b* em função do agente carreador (%) e temperatura (°C) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.....	64
Figura 6. Mudanças nas características físicas do pó de ciriguela mantido a 25°C e 75,29% de umidade relativa (UR). (a) tempo = 0 dia; (b) tempo = 7 dias.....	65
Figura 7. Superfície de resposta de retenção dos carotenóides em função da temperatura (°C) e vazão mássica (L/h) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.....	66

Figura 8. Superfície de resposta de retenção dos carotenóides em função da temperatura (°C) e Agente Carreador (%) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.....67

ARTIGO II

Figura 1. Ficha de avaliação sensorial: Identificação e Questionário.....82

Figura 2. Ficha de avaliação sensorial: Teste de aceitação e Intenção de compra.....83

Figura 3. Ficha de avaliação sensorial: Teste de preferência.....84

Figura 4. Perfil sociocultural dos provadores (**A:** Gênero; **B:** Grau de Escolaridade; **C:** Faixa Etária; **D:** Grau de gostar de néctar de ciriguela; **E:** Frequência de consumo do néctar de ciriguela).....92

Figura 5: Intenção de compra dos provadores para os néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada (Condição A: Temperatura 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: Temperatura 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador).....96

Figura 6: Intenção global de compra dos provadores para os néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada (Condição A: Temperatura 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: Temperatura 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador).....97

Figura 7. (A-D): Eletromicrografias das partículas de ciriguela em pó. **A** – Visão geral da distribuição das partículas em forma de aglomerados apresentando tamanhos variados (asteriscos); **B e C** - Detalhe do aglomerado formado por partículas de diferentes tamanhos que apresentam superfície rugosa (seta aberta) e superfície lisa (seta fechada); **D** – Detalhe do aglomerado.....103

Figura 8. (E-F): Eletromicrografias das partículas de ciriguela em pó. **E** – Partículas isoladas (setas curtas); **F** – Detalhe do aglomerado formado por um conjunto de partículas de superfícies lisas (setas fechadas).....104

Figura 9. Distribuição do tamanho de partículas do pó de ciriguela produzido com temperatura de 110°C, vazão mássica 0,36l/h e 26% de maltodextrina.....106

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1. Composição química da polpa de Ciriguela.....8

ARTIGO I

Tabela 1. Variáveis independentes codificadas.....50

Tabela 2. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem da polpa de ciriguela por atomização.....50

Tabela 3. Caracterização físico-química da polpa de ciriguela.....53

Tabela 4. Composição química da polpa de ciriguela.....55

Tabela 5. Respostas das variáveis dependentes para os 17 ensaios do planejamento experimental para secagem por atomização da polpa de ciriguela.....56

Tabela 6. Coeficiente de regressão da equação quadrática para umidade, atividade de água, cor, higroscopicidade e retenção de carotenóides.....57

ARTIGO II

Tabela 1. Resultados das análises microbiológicas nos pós de ciriguela atomizado.....91

Tabela 2. Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste afetivo de aceitação dos néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada.....93

Tabela 3. Índice de aceitação dos atributos avaliados pelo teste de aceitação dos néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada.....94

Tabela 4. Índice de aceitação global para néctares de ciriguela avaliados pelo teste afetivo de aceitação dos néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada.....95

Tabela 5. Médias das notas da intenção de compra seguidas do desvio padrão para os néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada.....97

Tabela 6. Médias das notas do teste de preferência (comparação múltipla) para os néctares feitos com ciriguela atomizada em relação ao néctar de ciriguela in natura.....	98
Tabela 7. Composição química da ciriguela em pó (Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador).....	99
Tabela 8. Densidade aparente, densidade da partícula, porosidade e solubilidade do ciriguela em pó (Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador).....	100
Tabela 9. Resultados de fenólicos totais para o pó de ciriguela extraído com diferentes solventes.....	108

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS (Geral / Específicos).....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Gênero <i>Spondias</i>	4
3.2 Ciriguela.....	5
3.2.1 Origem.....	5
3.2.2 Caracterização.....	7
3.2.3 Carotenóides.....	9
3.2.4 Compostos Fenólicos.....	12
3.2.5 Atividade Antioxidante.....	13
3.3 Secagem por Atomização.....	16
3.3.1 Microencapsulação.....	20
3.3.2 Agentes Carreadores.....	21
3.3.2.1. Maltodextrina.....	23
3.4. Análise Sensorial.....	25
3.5. Caracterização de Alimentos em Pó.....	27
3.5.1 Microestrutura.....	27
3.5.2 Distribuição do tamanho de partículas.....	28
4. REFERÊNCIAS.....	31
5. ARTIGO 1 – EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS SOBRE A SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DA POLPA DE CIRIGUELA	
RESUMO.....	44

ABSTRACT.....	45
5.1 INTRODUÇÃO.....	46
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
5.2.1 Material.....	48
5.2.1.1 Matéria-prima.....	48
5.2.1.2 Agente Carreador.....	48
5.2.2 Método.....	48
5.2.2.1 Obtenção da Ciriguela Atomizada.....	48
5.2.2.2 Planejamento Experimental.....	49
5.2.3 Análise Estatística.....	51
5.2.4 Análises Físico-Químicas da Polpa de Ciriguela.....	51
5.2.5 Análises Físico-Químicas da Ciriguela em Pó.....	52
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.3.1 Caracterização da Polpa de Ciriguela.....	52
5.3.2 Análise das Influências das Variáveis de Processo.....	55
5.3.2.1 Umidade.....	58
5.3.2.2 Atividade de Água (Aa).....	59
5.3.2.3 Cor (L*, a* e b*).....	61
5.3.2.3.1 Luminosidade (L*).....	61
5.3.2.3.2 Intensidade de vermelho (a*).....	62
5.3.2.3.3 Intensidade de amarelo (b*).....	63
5.3.2.4 Higroscopicidade.....	64
5.3.2.5 Retenção de Carotenóides.....	65

5.3.3 Seleção das Melhores Condições de Secagem.....	67
5.4 CONCLUSÃO.....	69
5.5 REFERÊNCIAS.....	70
ARTIGO 2 – AVALIAÇÃO SENSORIAL E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CIRIGUELA EM PÓ	
RESUMO.....	76
ABSTRACT.....	77
6.1 INTRODUÇÃO.....	78
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	79
6.2.1 Material.....	79
6.2.1.1 Matéria-prima.....	79
6.2.1.2 Agente carreador.....	79
6.2.2 Método.....	79
6.2.2.1 Obtenção da Ciriguela Atomizada.....	79
6.2.2.2 Análise Microbiológica.....	80
6.2.2.2.1 Preparo das Amostras e Incubação.....	80
6.2.3 Avaliação Sensorial do Néctar de Ciriguela.....	81
6.2.3.1 Preparo do Néctar de Ciriguela.....	81
6.2.3.2 Análise Sensorial.....	81
6.2.3.2.1 Teste de Aceitação e Intenção de Compra.....	82
6.2.3.2.2 Teste de Preferência.....	83
6.2.4 Aprovação do Comitê de Ética.....	84
6.2.5 Análises Físico-Químicas do Pó de Ciriguela.....	85

6.2.5.1 Composição Química.....	85
6.2.5.2 Caracterização.....	85
6.2.5.2.1 Densidade Aparente (ρ_a)	85
6.2.5.2.2 Densidade Absoluta (ρ_{abs})	86
6.2.5.2.3 Porosidade Intragranular (ϵ).....	86
6.2.5.2.4 Solubilidade.....	86
6.2.5.2.5 Morfologia das Partículas.....	87
6.2.5.2.6 Distribuição do Tamanho de Partículas.....	87
6.2.6 Compostos Fenólicos.....	87
6.2.6.1 Obtenções dos Extratos.....	87
6.2.6.2 Fenólicos Totais.....	88
6.2.7 Determinação de Atividade Antioxidante.....	88
6.2.7.1 Capacidade de Sequestrar o Radical DPPH.....	88
6.2.7.2 Capacidade de Sequestro do Radical ABTS.....	89
6.2.8 Análise Estatística.....	90
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
6.3.1 Análises Microbiológicas.....	90
6.3.2 Análise Sensorial.....	91
6.3.2.1 Identificação e Questionário.....	91
6.3.2.2 Teste de Aceitação e Intenção de Compra dos Néctares de Ciriguela.....	93
6.3.2.3 Teste de Intenção de Compra.....	95
6.3.2.4 Teste de Preferência do Néctar de Ciriguela.....	97
6.3.3 Composição Química da Ciriguela em Pó.....	98

6.3.4 Densidade Aparente, Densidade Absoluta, Porosidade e Solubilidade.....	100
6.3.5 Morfologia das Partículas.....	102
6.3.6 Distribuição do Tamanho de Partículas.....	106
6.3.7 Atividade Antioxidante.....	107
6.3.7.1 Determinação de Atividade Antioxidante.....	108
6.3.7.2 Capacidade de Sequestrar o Radical DPPH.....	108
6.3.7.3 Capacidade de Sequestrar o Radical ABTS.....	109
6.4 CONCLUSÃO.....	112
6.5 REFERÊNCIAS.....	113
ANEXOS.....	121

1. INTRODUÇÃO

As frutas fazem parte da dieta do homem desde os primórdios, sendo constituída como um alimento básico, quando sequer havia práticas agrícolas de cultivo. Elas suprem de vitaminas, carboidratos, fibras, sais minerais e outros nutrientes essenciais ao bom funcionamento do organismo, como os compostos bioativos (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2013; SILVA *et al.*, 2012; SEYMOUR *et al.*, 1993).

A crescente demanda de consumidores por uma alimentação mais saudável tem resultado na geração de um comércio de produtos hortícolas cada vez maior. O Brasil possui a maior biodiversidade de frutas (SOUZA *et al.*, 2012), destacando-se as frutas tropicais que possuem sabores e aromas exóticos, difundidas principalmente na região nordeste, devido ao solo e clima favoráveis ao seu desenvolvimento (CONTRERAS-CALDERÓN *et al.*, 2011; CEVA-ANTUNES *et al.*, 2006). A produção e o processamento representam atividades econômicas importantes, não só devido à comercialização regional, mas aos crescentes mercados nacional e internacional (AUGUSTO *et al.*, 2012; TIBURSKI *et al.*, 2011; CEVA-ANTUNES *et al.*, 2006).

Significativos avanços têm sido registrados na fruticultura brasileira, no âmbito do aumento da produção, produtividade e melhoria da qualidade dos frutos, no entanto, a participação de frutas exóticas, ainda é muito baixa quando comparadas a produção de laranja, banana e maçã. Em grande parte, a baixa representatividade é devido à ausência de sistemas de produção definidos, ainda compostos por cultivos não domesticados (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2010; MILLER; SCHAAL, 2005).

Neste contexto se insere a ciriguela (*Spondias purpurea* L.), fruta tropical pertencente à família Anacardiaceae, nativa da América Central e dispersa no México, Guatemala, Caribe e em alguns países da América do Sul, principalmente na região

nordeste do Brasil (ENGELS *et al.*, 2012; AUGUSTO *et al.*, 2012; BICAS *et al.*, 2011; SAMPAIO *et al.*, 2008; CEVA-ANTUNES *et al.*, 2006).

Por ser uma fruta climatérica, de metabolismo acelerado e rápida senescência, deve-se evitar o armazenamento do fruto por longos períodos sem o emprego de uma técnica de conservação (KOHATSU *et al.*, 2011). De modo a facilitar o acondicionamento, prolongar sua vida útil no estágio maduro, reduzir custos com transporte e desenvolver um novo produto que conserve as características e propriedades do fruto, diversos autores como Zareifard *et al.* (2012); Ferrari *et al.* (2012); Tonon *et al.* (2011); Jittanit *et al.* (2010); Quek *et al.* (2007); Cano-Chauca *et al.* (2005) passaram a estudar a obtenção de sucos de frutas em pó através de microencapsulação por atomização.

Este método de conservação tem como principal vantagem o aumento da vida útil do alimento obtido através da baixa umidade e atividade de água dos pós, que por sua vez, dificulta ou até impede o crescimento de microorganismos e o desenvolvimento das reações químicas responsáveis por sua deterioração (PHISUT *et al.*, 2012).

Desta forma, visando o aproveitamento do excedente de produção, utilização do fruto no período de entressafra, obtenção de um novo produto, o presente trabalho tem por objetivo otimizar o processo para obtenção de polpa em pó de ciriguela empregando a secagem por atomização.

2. OBJETIVOS

o Geral

Otimizar o processo para obtenção de polpa em pó de ciriguela empregando a secagem por atomização.

o Específicos

- Avaliar a influência da temperatura do ar de secagem, vazão mássica de alimentação da mistura e concentração de agente carreador sobre a umidade, atividade de água, higroscopicidade, cor e retenção de carotenóides.

- Selecionar as melhores condições de secagem, visando principalmente à obtenção de um produto com boa retenção de carotenóides.

- Avaliar a qualidade sensorial do néctar obtido da polpa em pó de ciriguela.

- Caracterizar a polpa em pó de ciriguela quanto aos aspectos físico-químicos e o potencial antioxidante.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Gênero *Spondias*

Spondias é um gênero pertencente à família *Anacardiaceae*, mundialmente conhecida por serem compostas em sua maioria por árvores tropicais, compreendendo mais de 70 gêneros e 600 espécies, que se concentram nas regiões tropicais da África, Ásia e América Central, em regiões de zonas tropicais, subtropicais e temperadas (ENGELS *et al.*, 2012; AUGUSTO *et al.*, 2012; BICAS *et al.*, 2011; WANNAN, 2006; DUVALL, 2006).

O gênero compreende aproximadamente 17 espécies, destacando-se: o cajá (*Spondias mombin* L.), o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), o umbu-cajá (*Spondias* spp.), a cajaraneira (*Spondia cytherea* Sonn.), e a ciriguela (*Spondias purpurea* L.) que é o objeto deste estudo (BICAS *et al.*, 2011; SAMPAIO *et al.*, 2008; MILLER; SCHAAL, 2005).

Estas espécies ainda estão em fase de domesticação, visto que ainda não existem sistemas de produção definidos, sendo largamente exploradas pelo seu valor comercial através do extrativismo, em pomares domésticos ou em plantios desorganizados conduzidos empiricamente (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2010; MILLER; SCHAAL, 2005). Mesmo assim, essas fruteiras participam do agronegócio regional, representando uma importante atividade econômica. Fato comprovado pela crescente demanda de consumo e comercialização de seus produtos sejam eles, in natura, polpa, suco ou processados em forma de geleias e doces (AUGUSTO *et al.*, 2012; BICAS *et al.*, 2011; GALVÃO *et al.*, 2011; TIBURSKI *et al.*, 2011).

3.2 Ciriguela

3.2.1 Origem

Spondias purpurea L. é uma fruta tropical, nativa da América Central, dispersa no México, Guatemala, Caribe, e em alguns países da América do Sul, principalmente na região nordeste do Brasil (AUGUSTO *et al.*, 2012; ENGELS *et al.*, 2012; SAMPAIO *et al.*, 2008; PIMENTA-BARRIOS; AUGUSTO *et al.*, 2000). Segundo Miller e Schaal (2006) existem duas origens geográficas que formam dois centros distintos na Mesoamérica: um grupo no norte, na região centro-ocidental do México e um grupo no sul, localizado ao sul do México e América Central.

A ciriguela é conhecida por diferentes nomes que são atribuídos em função da região geográfica. Existem aproximadamente 180 nomes comuns para a espécie com grafias diferentes, como: siriguela, seriguela, ceriguela, cajá vermelho, jocote, jocote de corona, ciruela, ciruela mexicana, jobillo, ameixa espanhol e cajá vermelho (AUGUSTO *et al.*, 2012; ENGELS *et al.*, 2012; BICAS *et al.*, 2011; CEVA-ANTUNES *et al.*, 2006; MILLER; SCHAAL, 2006; MILLER; SCHAAL, 2005; PIMENTA-BARRIOS; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, 2003; FILGUEIRAS *et al.*, 2001).

É um fruto tipo drupa de cor bem acentuada e atrativa, que dependendo do estado de maturação podem variar de verde a amarelo, laranja, vermelho e até violeta, possui formato ovoide e cerca de 3 a 5,5 cm de comprimento, pesando aproximadamente de 12 a 28 g (Figura 1) (ENGELS *et al.*, 2012; MILLER; SCHAAL, 2005). O tamanho, a forma e a cor das frutas sofrem influência da variedade botânica e fase de amadurecimento (SAMPAIO *et al.*, 2008).

Figura 1: Frutos de Ciriguela (*Spondias Purpúrea* L.).



Fonte: MORAIS, Bárbara (2014)

Quando maduro os frutos apresentam casca fina e lisa, polpa amarela, sabor agradável que além de ser predominantemente doce é levemente ácido, intenso aroma e textura succulenta (AUGUSTO *et al.*, 2012; KOHATSU *et al.*, 2011; SAMPAIO *et al.*, 2008; MILLER; SCHAAL, 2006; MARTINS *et al.*, 2003).

O endocarpo, comumente chamado de “caroço”, é branco e ligeiramente grande em relação ao tamanho global da fruta (ENGELS *et al.*, 2012), apesar de volumoso tem pouco peso, assim, o rendimento da polpa geralmente é elevado (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2010; MARTINS; MELO, 2003). O Relatório Técnico da Embrapa (2001) relata que a polpa contribui com cerca de 70%, a casca representa 14% e a semente 16% do peso total da fruta no estágio maduro.

A árvore, conhecida por cirigueleira, possui um tamanho relativamente pequeno variando de 3 a 10 m de altura, no entanto, a planta adulta raramente excede a 7 m. Possuem ramos que se desenvolvem rente ao solo, suas folhas são compostas, e as inflorescências possuem flores perfeitas que formam frutos isolados ou em cachos (ENGELS *et al.*, 2012; MILLER; SCHAAL, 2006; MARTINS; MELO, 2003).

Sua produção ocorre em solos bem drenados e em locais de clima tropical e subtropical (TIBURSKI *et al.*, 2011). Sua exploração é basicamente extrativista, ocorrendo com maior frequência nas regiões semiáridas do Agreste e Sertão, e em menor proporção nas regiões da Zona da Mata. O período de safra da ciriguela no nordeste brasileiro compreende os meses de dezembro a fevereiro, neste período, são gerados diversos empregos informais na região, abrangendo a colheita até a comercialização nos centros de abastecimento, feiras e mercados (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2010).

A ciriguela em estado maduro é altamente perecível, principalmente devido ao alto teor de água, se tornando mais susceptível a decomposição por microorganismos, reações químicas e enzimáticas. Desta forma, raramente é transportada *in natura* para mercados distantes, o que representa relevante problema à sua comercialização, devido as grandes perdas de produto ocorridas durante o trajeto (SAMPAIO *et al.*, 2008; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005; FILGUEIRAS *et al.*, 2001).

3.2.2 Caracterização

Sob o ponto de vista nutricional, trata-se de um fruto rico em carboidratos, fonte de cálcio, fósforo, ferro, vitamina B, vitamina C e pró-vitamina A (FIGUEIREDO *et al.*, 2006). O conhecimento sobre o valor nutritivo destes frutos desempenha relevante papel contribuindo para o consumo do mesmo (TIBURSKI *et al.*, 2011). Seu alto poder calorífico (74 kcal/100g) deve-se principalmente à alta concentração de carboidratos correspondendo a aproximadamente 19% do fruto (KOHATSU *et al.*, 2011; MILLER; SCHAAL, 2006; KOZIOL; MACÍA, 1998). A Tabela 1 apresenta a composição média de 100g da polpa de ciriguela.

Tabela 1. Composição química da polpa de Ciriguela.

Constituintes	Quantidade em 100 g polpa
Energia (Kcal)	76,0
Umidade (%)	78,7
Proteína (g)	1,4
Lipídeos (g)	0,4
Carboidrato (g)	18,9
Fibra Alimentar (g)	3,9
Cinzas (g)	0,7
Cálcio (mg)	27,0
Magnésio (mg)	18
Colesterol (mg)	NA

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO (2011).

O alto teor de sólidos solúveis (SS) cerca de 21° Brix e acidez relativamente baixa no fruto maduro, aproximadamente 0,6%, caracterizam a ciriguela como sendo um fruto bastante doce e pouco ácido. No final da maturação os açúcares redutores constituem aproximadamente 36% dos açúcares solúveis totais. Em relação ao teor de vitamina C, o teor máximo é encontrado no fruto verde (MARTINS; MELO, 2003).

O fruto geralmente é consumido *in natura* ou processado no estado maduro, devido ao alto conteúdo de amido nos estádios iniciais de maturação, aproximadamente 9%. Mesmo no fruto maduro o conteúdo de amido ainda é considerado elevado, sendo às vezes perceptível o sabor amiláceo no fruto fresco, cerca de 1%. O teor de pectina total também é considerado elevado, em comparação com a maioria dos frutos, o que,

associado ao elevado teor de amido, pode dificultar a estabilização de suco ou néctar (MARTINS; MELO, 2003).

3.2.3 Carotenóides

A coloração dos frutos varia de acordo com a espécie e cultivar, sendo o critério mais utilizado pelos consumidores para julgar a maturidade dos frutos. A degradação, a síntese e a revelação de pigmentos são os responsáveis pelas mudanças na coloração. Nos vegetais podemos encontrar diversos pigmentos, entre eles, os carotenóides (FENNEMA, 2010).

Os carotenóides são pigmentos tetraterpenóides que ficam acumulados no cloroplasto das folhas e no cromoplasto de muitas flores e frutos, contribuindo para a cor vermelha, laranja e amarela (TARDMOR *et al.*, 2005). Possuem mais de 600 pigmentos que são solúveis em lipídeos e seus solventes. Além de desempenhar papel relevante como pigmentos fotossintéticos e corantes, são antioxidantes naturais e como tal contribuem para a estabilidade do alimento e promoção da saúde humana (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010; DIAS *et al.*, 2009; INBARAJ, *et al.*, 2008; QUIRÓS; COSTA, 2006; TADMOR *et al.*, 2005; VAN DEN BERG *et al.*, 2000).

Quimicamente os carotenóides podem ser divididos em dois grandes grupos: os carotenos ou carotenóides hidrocarbonetos, compostos apenas por átomos de carbono e hidrogênio (Figura 2), e seus derivados oxigenados, as xantofilas, que contém ao menos um átomo de oxigênio desenvolvendo uma função hidroxil, ceto, epóxi, metoxi ou ácido carboxílico (Figura 3). Todos os carotenóides podem ser formados a partir da estrutura acíclica $C_{40}H_{56}$ (de longa cadeia central e ligações duplas conjugadas) por hidrogenação, desidrogenação, ciclização, oxidação ou qualquer combinação destes processos. O sistema de ligações duplas conjugadas é responsável por conferir as colorações, além de

influenciar em suas propriedades químicas, bioquímicas e físicas (MURILLO *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2008; QUIRÓS; COSTA, 2006; OLIVER; PALOU, 2000).

Figura 2: Estrutura química dos carotenos.

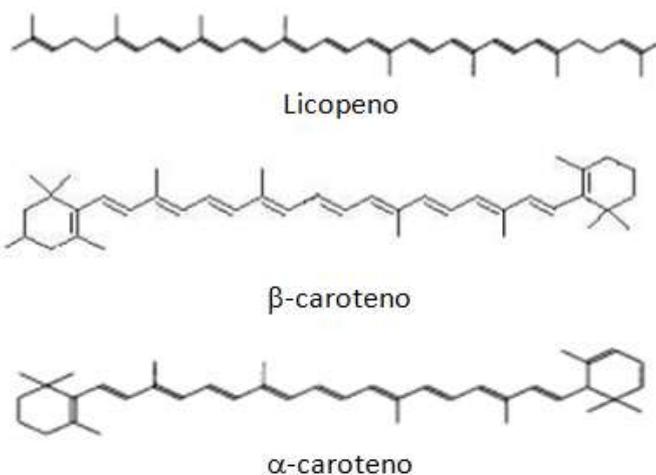
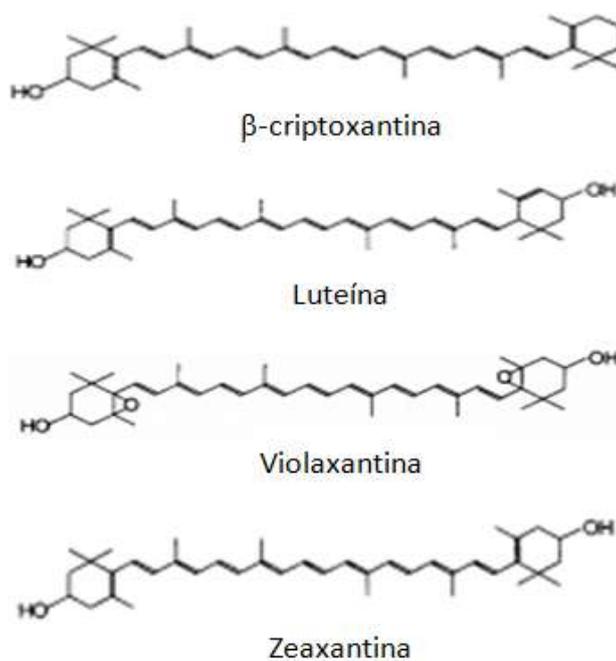


Figura 3: Estrutura química das xantofilas.



Estes pigmentos atraem o interesse dos cientistas desde sua descoberta no século XIX, a princípio, devido à coloração. No entanto, as pesquisas atuais deve-se ao fato do

composto ser precursor de pró-vitamina A e ter propriedades promotoras de saúde (MURILLO *et al.*, 2010; KURZ *et al.*, 2008). Entre elas, melhoramento imunológico, redução do risco de doenças degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares e oculares (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010; MERTZ *et al.*, 2009; NISHINO *et al.*, 2009; KURZ *et al.*, 2008; VAN DEN BERG *et al.*, 2000).

Os carotenóides são biossintetizados pelas algas no oceano, microorganismos e plantas. Os animais não são capazes de sintetizá-los e desta forma, se faz necessário à obtenção dos mesmos através de uma dieta baseada em alimentos fonte (QUIRÓS; COSTA, 2006).

O β -caroteno é um dos carotenóides mais importante, amplamente estudado por ser o mais difundido nos alimentos, seja em menor proporção ou como componente principal. Possui estrutura bicíclica, responsável pela coloração amarela, é precursor da vitamina A e do licopeno, que possui estrutura acíclica, e é responsável por atribuir coloração vermelha aos alimentos (MERTZ *et al.*, 2009; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Estes pigmentos podem se tornar visíveis com a degradação da clorofila, processo que ocorre em frutos cítricos e na banana, ou serem sintetizados simultaneamente com a degradação da clorofila, processo que ocorre no tomate (KRINSKY; JOHNSON, 2005).

O conteúdo de carotenóides nas frutas e hortaliças é bastante variado e são altamente afetados pela genética e por fatores ambientais, como: o cultivar, a variedade, estágio de maturação, clima, estação, área geográfica de produção, parte da planta utilizada, práticas agrícolas, manipulação durante a colheita e pós-colheita,

processamento e condições de armazenamento (RODRIGUEZ- AMAYA *et al.*, 2008a; RODRIGUEZ- AMAYA *et al.*, 2008b).

O conteúdo de carotenóides no gênero das *Spondias* é bastante variado, além de depender da espécie, sofrem influência dos estádios de maturação. Melo e Andrade (2010) em determinação de carotenóides totais em umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) encontraram valores que variaram de 1,70 e 3,02 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) para os estádios semi maduro e maduro, respectivamente. Murillo *et al.* (2010) encontraram valores de carotenóides totais de 45,8 e 18,2 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ para cajá (*Spondias mombin*) e ciriguela (*Spondias purpurea* L.), respectivamente.

3.2.4 Compostos Fenólicos

Recentemente, os compostos fenólicos têm atraído a atenção como potenciais agentes de prevenção e tratamento de doenças relacionadas ao estresse oxidativo, estudos tem sido realizados com diversas frutas para determinar o teor dos compostos fenólicos (CHEN *et al.*, 2014; KAMILOGLU *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2012; BOUDET, 2007).

Os polifenóis são os antioxidantes mais abundantes em nossa dieta, constituintes comuns de alimentos de origem vegetal, legumes, cereais, azeite, chocolate e bebidas. Compreendem uma ampla variedade de moléculas que têm uma estrutura constituída de vários grupos hidroxila e um ou mais anéis aromáticos. São divididos em várias classes, de acordo com o número de anéis de fenol que contêm e os elementos estruturais que ligam estes anéis uns aos outros (KIM *et al.*, 2013; BOUDET, 2007).

Estes compostos constituem um dos grupos mais numerosos de metabólitos secundários distribuído em plantas, com mais de 8000 estruturas de fenólicos conhecidos atualmente. São excelentes eliminadores de radicais livres, doando

hidrogênio, e seu alto potencial antioxidante está relacionado com o grande número de hidroxilas fenólicas (ALMEIDA *et al.*, 2011; VILLAÑO *et al.*, 2007).

Diversos estudos relataram a relação entre conteúdo de fenólicos e atividade antioxidante, alguns autores encontraram alta correlação. Porém, outros não encontraram nenhuma relação (ALMEIDA *et al.*, 2011; RODRIGUEZ- AMAYA *et al.*, 2008a; RODRIGUEZ- AMAYA *et al.*, 2008b; ISMAIL *et al.*, 2004).

Silva *et al.* (2012) pesquisando o teor de compostos fenólicos totais em diversos genótipos de ciriguela, encontraram valores que variaram de 351,3 a 862,3 mg EAG.100 g⁻¹ de polpa e concluíram que os frutos analisados apresentaram um elevado teor de fenólicos totais podendo ser considerados excelentes fontes desses compostos.

3.2.5 Atividade Antioxidante

O crescente conhecimento sobre os radicais livres e as espécies reativas de oxigênio (ROS) em biologia está produzindo uma revolução na medicina, com promessas de uma nova era de gestão de saúde e doença (ARUOMA, 2003). Apesar de o oxigênio ser um elemento indispensável à vida, em algumas situações apresenta efeitos prejudiciais no corpo humano, geralmente devido à formação de ROS. Os termos radicais livres e antioxidante são comumente utilizados nas discussões modernas sobre os mecanismos das doenças (LOBO *et al.*, 2010).

Antioxidante é utilizado para definir substâncias que mesmo presente em baixas concentrações, retarda ou impede a oxidação de moléculas de importância biológica, como proteínas, lipídios e DNA, independentemente do mecanismo utilizado. Por conseguinte, é muito importante para a prevenção de doenças, e deterioração de alimentos ou seus constituintes (OMENA *et al.*, 2012; DILIS; TRICHOPOULOU, 2010; ARUOMA, 2003; LEONG; SHUI, 2002; MOURE *et al.*, 2001).

Estudos epidemiológicos demonstram que dietas ricas em frutas, hortaliças e seus derivados têm sido relacionadas com a promoção de benefícios a saúde, auxiliando na redução da incidência de doenças crônicas e degenerativas como alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares, artrite, inflamações e doenças oculares. Este efeito protetor tem sido atribuído, em parte, à presença de fitoquímicos com ação antioxidante, destacando-se os compostos fenólicos, carotenóides, flavonóides, taninos, tocoferóis, ácido ascórbico (vitamina C), antocianinas e vitamina E (KIM *et al.*, 2013; OMENA *et al.*, 2012; DEMBITSKY *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2011; SERRANO *et al.*, 2007; SOOBRAATTEE *et al.*, 2005; ARUOMA, 2003; LEONG; SHUI, 2002; EDGE *et al.*, 1997; RACE-EVANS *et al.*, 1997).

O conhecimento dos potenciais compostos antioxidantes presentes em um alimento não indicam, necessariamente, sua capacidade antioxidante. Pois, pode existir efeito sinérgico entre os diferentes antioxidantes (sinergismo), desta forma, o efeito antioxidante total pode ser maior do que a soma das atividades individuais (LEONG; SHUI, 2002).

Os antioxidantes podem ser naturais, encontrados amplamente em frutas e hortaliças, sementes, entre outros, ou podem ser sintéticos como o butil-hidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), terc-butilhidroquinona (TBHQ) e o propil galato (PG), utilizados na indústria de alimentos. Estes antioxidantes sintéticos têm apresentados efeitos colaterais, como pré-cancerígenos (ALI *et al.*, 2008) e estão cada vez mais sendo substituídos pelos naturais. Quimicamente são estruturas que possuem um anel aromático e contém um ou mais grupos hidroxilas incluindo seus derivados funcionais, nas formas simples ou de polímeros (BRENNAN; PAGLIARINI, 2001; ZHENG; WANG, 2001).

Os compostos antioxidantes são responsáveis pela cor, adstringência, aroma (ARUOMA, 2003; PELEG *et al.*, 1998) e estabilidade oxidativa (NACZK; SHAHIDI, 2004). O conteúdo destes fitoquímicos é bastante variado nos alimentos, principalmente entre espécies e sofrem influência pós-colheita, durante o processamento e armazenamento (RODRIGUEZ- AMAYA, 2010).

López-Alarcón e Denicola (2013) evidenciaram que ao considerar a diversidade dos mecanismos de um composto isolado ou mistura de compostos antioxidantes *in vivo*, não é possível determinar sua capacidade antioxidante por um único método analítico. A capacidade antioxidante de um extrato baseado em um produto natural vai depender essencialmente da biodisponibilidade dos compostos presentes.

A constatação da presença de compostos com propriedades antioxidantes em frutas tropicais tem contribuído com o aumento de pesquisas para avaliar o potencial destes alimentos (RODRIGUEZ- AMAYA, 2010; JIMÉNEZ *et al.*, 2008).

A capacidade antioxidante geralmente é mensurada em extratos alimentares obtidos a partir de solventes aquosos, químicos (metanol, etanol, acetona, clorofórmio, etc.). Porém, não há um solvente inteiramente satisfatório para extração de todos os antioxidantes presentes no alimento, sendo necessária a determinação do melhor solvente para o alimento em questão (JIMÉNEZ *et al.*, 2008; SERRANO *et al.*, 2007).

Diferentes métodos têm sido empregados para avaliar a capacidade antioxidante *in vitro* de frutas, como o ORAC, o FRAP, porém, destacam-se como os mais utilizados os métodos de sequestro que utilizam os radicais 1,1-difenil-2-picrilhidrazina (DPPH) e 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (CHEN *et al.*, 2014; KAMILOGLU *et al.*, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2011; SHARMA; BHAT, 2009; JIMÉNEZ *et al.*, 2008; BERMÚDEZ-SOTO; TOMÁS-BARBERÁN, 2004).

Silva *et al.* (2012) pesquisando a capacidade antioxidante utilizando os métodos de captura dos radicais DPPH● e do ABTS+• em diversos genótipos de ciriguela, encontraram valores de EC₅₀ que variaram de 0,18 a 0,73 g.g⁻¹ de DPPH e uma variação da capacidade de capturar o radical ABTS que variaram de 1.664,01 a 6.633,87μMol TEAC.g⁻¹ de polpa, respectivamente. Os pesquisadores concluíram que os extratos dos frutos de ciriguela apresentaram significativo potencial antioxidante, demonstrando eficiência na captura dos radicais DPPH● e do ABTS+•, sendo possível considerar que o consumo da ciriguela é uma alternativa para ingestão de antioxidantes naturais.

3.3 Secagem por Atomização

A secagem é um dos processos mais antigos utilizados na conservação de alimentos, e consiste em um processo combinado de transferência de calor e massa, onde a água é reduzida. A secagem por atomização é uma técnica utilizada principalmente no encapsulamento de ingredientes alimentares que apresentam sensibilidade ao calor como carotenóides, polifenóis, antocianinas, visto o pequeno tempo de residência dos produtos na câmara de secagem. A rápida evaporação da água permite manter a baixa temperatura das partículas, de modo que a alta temperatura do ar não afeta demasiadamente o produto (ROGERS *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2011; CANO-CHAUCA, 2005).

O desenvolvimento de equipamentos de secagem por atomização começou em 1870 e passou a ser utilizada na II Guerra Mundial, com a intenção de reduzir o peso dos alimentos facilitando o transporte (AFOAKWAH *et al.*, 2012). Os primeiros *sprays dryers* fabricados nos Estados Unidos foram em 1933 (PHISUT, 2012).

Atualmente, a atomização é uma das tecnologias mais aplicadas na indústria farmacêutica e de alimentos. E tem por objetivo converter uma suspensão ou solução em um produto seco na forma de pó. Destaca-se pela grande disponibilidade de equipamentos, baixo custo do processo, possibilidade de emprego de uma ampla variedade de agentes encapsulantes e boa retenção dos compostos (AFOAKWAH *et al.*, 2012; PHISUT, 2012).

O controle das variáveis de processo e o projeto do secador é importante para o sucesso da atomização e dependem das características do alimento que se pretende obter. O produto final deve geralmente cumprir a padrões de qualidade requeridos como tamanho das partículas, densidade de partículas, capacidade de dispersão, além do teor de umidade e atividade de água, a fim de se obter produtos com melhores características sensoriais e nutricionais (WALTON; MUMFORD, 1999).

Entre os produtos obtidos por atomização temos o leite, o soro de leite, o café, as sopas instantâneas e os cremes secos (AFAOAKWAH *et al.*, 2012). Além da secagem de suco e polpa de frutas, entre elas, polpa de amora-preta por Ferrari *et al.* (2012); suco de açaí por Tonon *et al.* (2010); suco de abacaxi por Jittanit *et al.* (2010); suco de melancia por Quek *et al.* (2007); suco de manga por Cano-Chauca *et al.* (2005). Os pesquisadores evidenciaram que a atomização apresenta diversas vantagens na conservação destes alimentos, destacando-se o aumento da vida de prateleira.

Entre as vantagens da atomização destaca-se a alta relação entre a área de superfície/volume de gotículas, resultando em menor tempo de exposição das partículas (geralmente são expostas por poucos segundos) a temperatura de secagem. Assim, a temperatura atingida no núcleo é moderada e frequentemente não ultrapassa os 100°C, reduzindo a ocorrência de alterações indesejáveis em compostos termossensíveis. Além

de produzir partículas muito pequenas (geralmente menores que 100 μm), tornando o produto final bastante solúvel. Em relação às desvantagens, temos que os compostos com baixo ponto de ebulição responsáveis pelo sabor e aroma podem ser perdidos (PHISUT, 2012; AFOAKWAH *et al.*, 2012; FITZPATRICK; AHRNÉ, 2005).

No atomizador (Figura 4) o soluto ou suspensão é separado como um sólido e o solvente é evaporado. O fluxo de entrada do líquido é pulverizado através de um bico em um fluxo de vapor quente, quanto menor o tamanho das gotas, maior a taxa de transferência de calor e a vaporização da água (PHISUT, 2012; AFOAKWAH *et al.*, 2012).

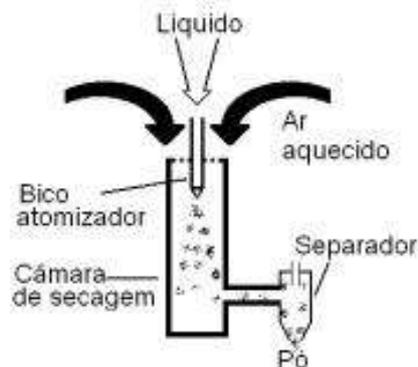
Figura 4: Atomizador utilizado nos ensaios de secagem.



Fonte: MORAIS, Bárbara (2014)

Um diagrama esquemático de uma configuração de *spray dryer* pode ser visto abaixo (Figura 5).

Figura 5: Diagrama esquemático da configuração de um *spray dryer*.



Fonte: Manual Labmaq do Brasil LTDA (2003)

Os sistemas apresentados no diagrama se dividem em (Manual Labmaq do Brasil LTDA, 2003):

- **Sistema de Alimentação** – a alimentação de líquidos, pastas, suspensões ou soluções à câmara de secagem é feita através de uma bomba peristáltica digital, que é capaz de controlar e medir com precisão a vazão bombeada.
- **Sistema de fornecimento de ar** – o ar é alimentado por um soprador tipo centrífugo de média pressão e vazão.
- **Sistema de aquecimento** – é dotado de um controle automático de temperatura do tipo PID ajustável para as condições de operação desejadas, permitindo uma estabilização mais rápida e precisa da temperatura de processo.
- **Sistema de atomização** – é baseado em um bico duplo fluido, também chamado de pneumático. A qualidade da atomização, o diâmetro médio das gotículas e a uniformidade de tamanhos, está relacionada com aspectos do projeto do bico, condições de sua operação e propriedades físicas do material a ser atomizado.

3.3.1 Microencapsulação

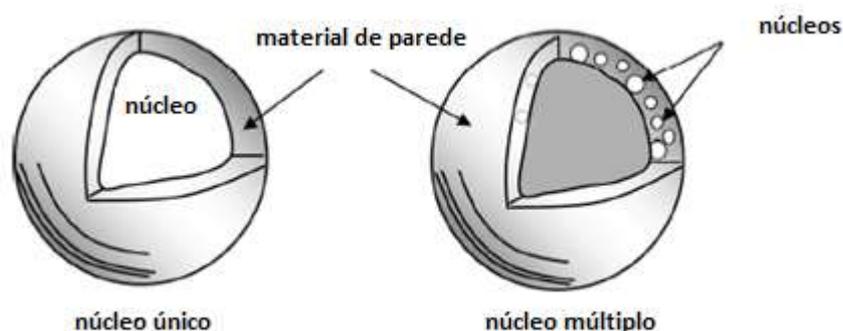
A microencapsulação é definida como um processo em que pequenas partículas sólidas, gotículas de líquidos ou compostos gasosos, geralmente definidos como ingredientes ativos (material de núcleo) são envolvidos, aprisionados por um revestimento ou incorporados em uma matriz homogênea ou heterogênea (material secundário ou de parede). De modo a obter pequenas cápsulas com muitas propriedades úteis (NAZZARO *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2012; JAFARI *et al.*, 2008; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; DESAI; PARK, 2005).

O tamanho das partículas obtidas por encapsulamento podem ser classificadas em: grande (> 5000 nm), micro (1,0 - 5000 nm) e nano ($<1,0$ nm). As cápsulas de menores que 1,0 nm são conhecidas como nanocápsulas (JAFARI *et al.*, 2008).

A microencapsulação tem sido utilizada durante décadas em diversas indústrias para obtenção de materiais desidratados na forma de pó, sendo difundida na indústria de alimentos há mais de 60 anos. A microencapsulação pode proporcionar uma barreira física entre o composto de núcleo e os outros componentes do produto, o núcleo pode ser composto por um ou vários ingredientes, e o material de parede pode ser de única ou dupla camada (ROCHA *et al.*, 2012; NAZZARO *et al.*, 2012; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; DESAI; PARK, 2005).

Há dois tipos principais de estruturas de microcápsulas, as que possuem núcleo único ou mononuclear e as que possuem um núcleo múltiplo (Figura 6) (NAZZARO *et al.*, 2012; JAFARI *et al.*, 2008). Entre as várias técnicas, a mais empregada para investigar as estruturas externas e internas das microcápsulas é a microscopia eletrônica de varredura (MEV) (JAFARI *et al.*, 2008).

Figura 6: Dois tipos diferentes de estrutura de microcápsulas.



Fonte: Jafari *et al.*, 2008 (traduzida)

Especificamente na indústria de alimentos as técnicas de microencapsulação têm sido amplamente utilizadas para proteger ingredientes alimentares contra a deterioração, perdas de voláteis, interação precoce com outros ingredientes e modificar características físicas do material de origem. Entre as técnicas de microencapsulação temos a aspersão e ventilação/refrigeração, extrusão, co-extrusão, leito fluidizado, cocervação, entre outros. No entanto, a atomização é a mais utilizada, por ser um processo de baixo custo, contínuo, pela disponibilidade de equipamentos para a secagem e por produzirem partículas com boa qualidade (FANG; BHANDARI, 2011; NAZZARO *et al.*, 2012; DESAI; PARK, 2005; GOUIN, 2004).

3.3.2 Agentes Carreadores

Os sucos de frutas são materiais ricos em açúcares de baixo peso molecular como frutose, glicose, sacarose e ácidos orgânicos. Tais constituintes tornam difícil a atomização, pois produzem pós com alta pegajosidade e muito higroscópicos, resultando em materiais suscetíveis à aglomeração e diminuindo o rendimento do processo. A pegajosidade do pó se deve principalmente à baixa temperatura de transição vítrea (T_g) dos açúcares de baixo peso molecular, esta é a temperatura em que a fase amorfa do polímero tem um aspecto vítreo e elástico (PHISUT, 2012; FERRARI *et al.*,

2012; YOUSEFI *et al.*, 2011; JITTANIT *et al.*, 2010; WANG; LANGRISH, 2009; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

Nas temperaturas geralmente empregadas na atomização, os compostos de baixo peso molecular tendem aderir às paredes da câmara de secagem. Desta forma, é fundamental a adição de agentes carreadores ou materiais de parede com alto peso molecular (como polímeros e gomas) antes da atomização de suco ou polpa de frutas, visando facilitar o processo de secagem, além de evitar a caramelização dos açúcares e diminuir a termoplasticidade e higroscopicidade (FERRARI *et al.*, 2012; JITTANIT *et al.*, 2010; WANG; LANGRISH, 2009).

Como os agentes carreadores possuem elevado peso molecular e elevada Tg, por consequência, podem aumentar o valor de Tg do material de alimentação, melhorando as propriedades físicas e o rendimento do produto (YOUSEFI *et al.*, 2011; ZAREIFARD *et al.*, 2012). As propriedades físico-químicas mais influenciadas pela adição de agentes carreadores são a umidade, atividade de água, higroscopicidade, a densidade, distribuição de tamanho de partículas e microestrutura (PHISUT, 2012; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; O'HAGAN *et al.*, 2005; DESAI; PARK, 2005).

Diversos agentes carreadores têm sido utilizados na secagem por atomização, sendo a maltodextrina e a goma arábica os principais encapsulantes utilizados na secagem de sucos de fruta (PHISUT, 2012; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007). Outros polissacarídeos utilizados são o amido, xarope de milho, dextranas, e ciclodextrinas; celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc.), gomas (goma acácia, agar, carragena, etc.) lipídios (cera, parafina, etc.) e proteínas (glúten, caseína, gelatinas, albuminas, peptídeos, etc.) (YOUSEFI *et al.*, 2011; GOULA; ADAMOPOULOS, 2010; SAÉNZ *et al.*, 2009; JAFARI *et al.*, 2008; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

A seleção do agente carreador é complexa e depende principalmente das propriedades físico-químicas do material a ser atomizado e das propriedades que se pretende obter no produto final (PHISUT, 2012).

3.3.2.1. Maltodextrina

As maltodextrinas são definidas como produtos da hidrólise de amido com equivalente em dextrose inferior a 20. A fonte de amido pode ser o milho, a batata, arroz, entre outros. O processo de hidrólise para obtenção da maltodextrina pode ser ácido ou enzimática em presença de água. Como produto resultante da hidrólise do amido, as maltodextrinas contém amilose e amilopectina ramificada, por isso são consideradas um polímero de unidades de D-glicose unidas principalmente por ligações α (1 \rightarrow 4), mas também ligações α (1 \rightarrow 6). E apresentam fórmula geral igual a $[(C_6H_{10}O_5)_n.H_2O]$ (SAÉNZ *et al.*, 2009; ROWE *et al.*, 2009; HUI, 2006; RODRIGUEZ - HERNANDEZ *et al.*, 2005; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005; DOKIC-BAUCAL *et al.*, 2004).

Geralmente, as maltodextrinas são classificadas por sua dextrose equivalente (DE), que é a medida do inverso do número de unidades de D-glicose na matéria seca e é inversa ao valor do grau médio de polimerização (DP). Os diferentes valores de DE das maltodextrinas implicam em diferentes propriedades físico-químicas como a solubilidade, a viscosidade, etc. No entanto, maltodextrinas com o mesmo valor de DE podem apresentar propriedades diferentes, pois são influenciadas pelos métodos de hidrólise, fonte do amido e proporção amilose / amilopectina, entre outros (ROWE *et al.*, 2009; DOKIC-BAUCAL *et al.*, 2004).

A maltodextrina apresenta-se como um pó branco (Figura 7), que em solução aquosa torna-se incolor, largamente utilizada na secagem por atomização em função de

sua baixa higroscopicidade e viscosidade, elevada solubilidade em água, baixo custo, sabor suave, ausência de odor, por ser facilmente digerível e bem tolerada (FANG; BHANDARI, 2010; TONON *et al.*, 2010; SAÉNZ *et al.*, 2009; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; QUEK *et al.*, 2007; BHANDARI & HARTEL, 2005; ADHIKARI *et al.*, 2004; BHANDARI *et al.*, 1997).

Figura 7: Agente Carreador Maltodextrina 10DE.



Fonte: MORAIS, Bárbara (2014)

O aumento da DE resulta no aumento da doçura, solubilidade, fluidez e digestibilidade e compressibilidade. No entanto, também resulta no aumento da higroscopicidade, implicando em menor estabilidade do pó. Desta forma, as maltodextrinas de menor DE são as mais indicadas para o processo de atomização (ROWE *et al.*, 2009; CHRONAKIS, 1998; MURRAY e LUFT, 1973). A concentração da maltodextrina como agente carreador pode variar entre 10 a 99% (ROWE *et al.*, 2009).

Revisando a literatura, verifica-se que as maltodextrinas mais utilizadas no processo de secagem por atomização são as de 10DE (ZAREIFARD *et al.*, 2012; JITTANIT *et al.*, 2010; SAÉNZ *et al.*, 2009) e 20DE (FERRARI *et al.*, 2012; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005). Segundo Gharsallaoui *et al.* (2007), o emprego destas maltodextrinas resulta em um produto final com melhores propriedades físicas e maior retenção de sabor.

Em relação ao armazenamento da maltodextrina, temos que ela é estável durante pelo menos 1 ano quando armazenada a uma temperatura menor que 30°C e umidade relativa do ar menor que 50%. Além de ser mantida em recipiente bem fechado e local fresco e seco (ROWE *et al.*, 2009).

3.4. Análise Sensorial

Nos últimos anos, pesquisadores aumentaram os esforços para descobrir, desenvolver e comercializar produtos mais saudáveis. A compreensão de benefícios nutricionais e funcionais é fundamental, porém, é importante destacar e refinar as propriedades sensoriais destes produtos (CIVILLE; OFTEDAL, 2012; CRUZ *et al.*, 2009). Pois, não importa quão nutritivo é o alimento, se não houver uma interação entre o produto e as necessidades e expectativas do consumidor, certamente esse produto não terá sucesso no mercado atual e como consequência acarretará em desperdício de recursos (KEMP *et al.*, 2009).

As organizações passaram a reconhecer a necessidade de utilizar as informações providas da análise sensorial, e praticamente todas as empresas da área de alimentos e bebidas, além de outras indústrias de produtos de consumo como higiene pessoal e farmacêutica, se utilizam da análise sensorial para o desenvolvimento e controle de qualidade de seus produtos (STONE *et al.*, 2012).

A análise sensorial é definida como a disciplina científica que abrange todos os métodos para evocar, medir, analisar e interpretar respostas humanas sobre as propriedades de alimentos e materiais, tais como aparência, gosto, odor, aroma, fragrância, consistência, textura, *flavor*, que são percebidas através dos cinco sentidos, visão, olfato, paladar, tato e audição, e podem ser utilizados individualmente ou de forma interativa. Sendo, portanto, o ser humano o instrumento de coleta de dados que

através de estímulos, é capaz de organizar, analisar e interpretar as sensações em percepções (CIVILLE; OFTEDAL, 2012; STONES *et al.*, 2012; MEILGAARD *et al.*, 2006).

A análise sensorial é utilizada para responder perguntas sobre a qualidade de um produto. Na avaliação objetiva, os atributos sensoriais são avaliados por um painel treinado, e os testes se subdividem em discriminativos, que determinam se há diferenças sensoriais entre as amostras ou teste descritivos, que identificam a natureza de uma diferença sensorial e/ou à magnitude da diferença. Na avaliação subjetiva ou teste afetivo são mensuradas as reações dos consumidores, sendo mais comuns os testes de aceitação e preferência (STONE *et al.*, 2012; KEMP *et al.*, 2009).

Os testes afetivos utilizam metodologias qualitativas e quantitativas, permitindo aos pesquisadores obter uma visão global sobre as preferências dos consumidores, atitudes, opiniões e comportamentos em relação ao produto, portanto, é uma etapa relevante no processo de desenvolvimento de novos produtos. Para realização dos testes de preferência e aceitação os julgadores não necessitam ser treinados, mas, devem ser consumidores do produto em análise (KEMP *et al.*, 2009).

Os conceitos de preferência e aceitação são distintos: “preferência”, tem por objetivo determinar se há diferença significativa entre dois ou mais produtos e avaliar a preferência de certa amostra em relação à outra (teste de comparação pareada) ou se há ordem no grau de preferência entre três ou mais amostras (teste de ordenação preferência). Já o termo “aceitação” ou “aceitabilidade”, proporciona uma indicação da magnitude da aceitabilidade dos produtos, e a classificação através da escala hedônica é o método mais empregado para refletir o grau de “gostar” ou “não gostar” (CARDELLO *et al.*, 2000).

3.5. Caracterização de Alimentos em Pó

Na última década, a indústria de alimentos tem produzido grande quantidade de pós alimentícios, sejam eles prontos para consumo ou como produtos intermediários a serem incorporados como ingredientes a outros alimentos. Além da conveniência e praticidade que estes produtos oferecem a principal razão para esta escolha é manter a estabilidade química e microbiológica dos produtos alimentares ao longo do tempo, reduzindo a cinética de degradação dos componentes (MURRIETA-PAZOS *et al.*, 2012; FORNY *et al.*, 2011; FITZPATRICK, 2007; FITZPATRICK; AHRNÉ, 2005).

Os pós alimentícios possuem composição química e características físicas diferentes, pois são obtidos de fontes diversas. Portanto, diferenças na forma, estrutura, composição e os comportamentos dos pós devem ser melhor compreendidas (CUQ *et al.*, 2011). Assim, as análises de microestrutura e distribuição do tamanho de partículas são extremamente relevantes para a caracterização do alimento.

3.5.1 Microestrutura

Os pós alimentícios podem adquirir estrutura amorfa, cristalina ou mista. Durante o processo de secagem as moléculas no estado amorfo são emaranhadas, mais abertas e porosas. Uma molécula individual possui mais locais para as interações externas, desta forma, a estrutura amorfa pode absorver água com mais facilidade. Os pós mistos, apresentam regiões amorfas e cristalinas, que podem ocorrer durante o processamento quando o movimento molecular é interrompido devido à redução da temperatura ou quantidade insuficiente de solvente (CUQ *et al.*, 2011; BHANDARI e HARTEL, 2005).

A microestrutura de partículas está relacionada às propriedades de funcionalidade, estabilidade e fluidez dos pós, afetando, por exemplo, a capacidade de

liberação ou de retenção do núcleo, ou seja, do material encapsulado (SHAHIDI; HAN, 1993; JACKSON e LEE, 1991; DZIEZAK, 1988).

O conhecimento da influência das condições de secagem é fundamental, pois influenciam as características das partículas podendo inchar, encolher ou até romper as mesmas, dependendo das propriedades reológicas e da porosidade da parede formada. A relevância do estudo de morfologia das partículas se dá pelo conhecimento valioso que oferece sobre os fundamentos da secagem dos alimentos, além dos aspectos físicos e químicos que governam a estrutura das partículas, permitindo a comparação de taxas de secagem entre diferentes alimentos, diferentes concentrações, produtos ou formulações, permitindo a seleção e otimização das condições de processo e auxiliando na simulação e projeto dos equipamentos (GHARSALLAOU *et al.*, 2007; WALTON, 2000).

A microestrutura de partículas secas é realizada por meio de diversas técnicas, tais como luz, eletrônica de varredura e microscopia confocal. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) é uma ferramenta muito utilizada e difundida, que permite a observação das estruturas com maior profundidade de foco que a microscopia de luz (ALAMILLA-BELTRÁN *et al.*, 2005).

O aparelho utilizado na MEV é constituído de um feixe de elétrons, ao invés de luz, para formar uma imagem. Geralmente é necessário cobrir os pós com uma fina camada de carbono ou ouro para atribuir propriedades condutoras. No pós alimentícios, imagens MEV podem detalhar a forma e o aspecto superficial das partículas (MURRIETA-PAZOS *et al.*, 2012).

3.5.2 Distribuição do tamanho de partículas

O tamanho das partículas é relevante em diversos aspectos para os alimentos em pó, desde a manipulação, processamento e transporte, até a manutenção da estabilidade,

funcionalidade e conseqüente determinação do prazo de validade. Dependendo do produto final obtido, o tamanho das partículas pode influenciar na cor, sabor, textura e odor, que são as características sensoriais mais influentes sobre os consumidores (CUQ *et al.*, 2011; FITZPATRICK, 2007; O'HAGAN *et al.*, 2005).

Além de influenciarem a estética, o entendimento sobre as partículas constituintes do pó é essencial para produção de produtos com excelentes propriedades instantâneas, visto que o consumidor geralmente é muito sensível a qualquer aglutinação, problemas de reconstituição ou dificuldade em descarregar o pó da embalagem (FORNY *et al.*, 2011; FITZPATRICK, 2007; FITZPATRICK; AHRNÉ, 2005).

A maioria dos alimentos em pó contêm componentes no estado vítreo amorfo, e além se serem termodinamicamente instáveis, apresentam tendência a cristalização. Quando a temperatura de um componente amorfo é elevada acima da temperatura de transição, pode resultar em uma elevada viscosidade, podendo torná-los pegajosos e aglomerados (FITZPATRICK, 2007).

A caracterização de um sistema de partícula é feito usualmente através da análise de tamanho e distribuição da partícula. As características das partículas além de serem influenciadas pela composição da mistura de alimentação, têm seu tamanho e forma alterados ao longo da secagem, e estas mudanças estão relacionadas com o tipo de equipamento utilizado e pelas condições de secagem do processo (MURRIETA *et al.*, 2012). Temperaturas mais baixas produzem partículas menores, enquanto que as mais elevadas produzem partículas maiores (ALAMILLA-BELTRÁN *et al.*, 2005).

A distribuição do tamanho das partículas e o tamanho médio das partículas do pó são mensurados através em um aparelho com difração a laser (FITZPATRICK, 2007;

WALTON; MUMFORD, 1999). A escolha do líquido sedimentador utilizado no processo é muito importante, visto que a solubilização das partículas não pode ocorrer nesta substância. Geralmente, um ultrassom é acoplado ao equipamento de difração a laser para aumentar a dispersibilidade da amostra.

O estudo de distribuição do tamanho das partículas fornece informações relevantes sobre os fundamentos da secagem dos alimentos, aspecto físico, e são fundamentais visto que impactam em diversos atributos de qualidade essenciais para a aceitação do alimento com a solubilidade, densidade, porosidade e também nas etapas de processo como processamento, manuseio e armazenamento (BARBOSA-CÁNOVAS *et al.*, 2005).

4. REFERÊNCIAS

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TROUNG, V.; Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modeling. **Journal of Food Engineering**. Vol. 62, p. 53–68, 2004.

AFOAKWAH A. N.; ADOMAKO C.; OWUSU .J.; ENGMAN N. F.; HANNAH A.; *Spray Drying* as an appropriate technology for the food and pharmaceutical industries - A review. **Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology**. Vol. 1, p. 467-476, 2012.

ALAMILLA-BELTRÁN, L., CHANONA-PÉREZ, J.J.; JIMÉNEZ-APARICIO, A.R.; GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G.F. Description of morphological changes of particles along *spray drying*. **Journal of Food Engineering**. Vol. 67, p.179-184, 2005.

ALI, S. S.; KASOJU N.; LUTHRA A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H.; SAHU, A. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**. Vol. 41, p. 1–15, 2008.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G.; Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**. Vol. 44, p. 2155–2159, 2011.

ANUARIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2013.

ARUOMA, O. I.; Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**. Vol. 523/524, p. 9-20, 2003.

AUGUSTO, F.; VALENTE, A. L. P.; TADA, E. S.; RIVELLINO, S. R.; Screening of Brazilian fruit aromas using solid-phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**. Vol. 873, p. 117–127, 2000.

AUGUSTO, P. E. D.; CRISTIANINI, M.; IBARZ, A.; Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. **Journal of Food Engineering**. Vol. 108, p. 283–289, 2012.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; JULIANO, P. **Physical and chemical properties of food powders**. In: ONWULATA, C. (Ed.). Encapsulated and powdered foods. Boca Raton, Taylor & Francis, p. 39-71, 2005.

BERMÚDEZ-SOTO; TOMÁS-BARBERÁN, 2004; Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices. **European Food Research Technology**. Vol. 219, p. 133–141, 2004.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T.; Problems associated with *spray drying* of sugar-rich foods. **Drying Technology**. Vol. 15, p. 671 – 684, 1997.

BHANDARI, B. R.; HARTEL, R. W.; Phase transitions during food powder production and powder stability. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and Powdered Foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, p. 261 – 292, 2005.

BICAS, J.L.; MOLINA, G.; DIONISIO, A.P.; BARROS, F.F.C.; WAGNER, R.; MAROSTICA JR.; M.R.; PASTORE, G.M.; Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**. Vol. 44, p. 1843–1855, 2011.

BOUDET, A.; Evolution and current status of research in phenolic compounds. **Phytochemistry**. Vol. 68, p. 2722-2735, 2007.

BRENNA, O.V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analyses of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. **Journal Agricultural Food Chemistry**. Vol. 49, p. 4841-4844, 2001.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C. RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J.; Effect of the carries on the microstructure of mango powder *spray drying* and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. Vol. 6, p. 420 – 428, 2005.

CARDELLO, A.; SCHUTZ, H.; LESHER, L. Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. Vol. 8, p. 73– 83, 2007.

CEVA-ANTUNES, P.M.N.; BIZZO, H.R.; SILVA, A.S.; CARVALHO, C.P.S.; ANTUNES, O.A.C.; Analysis of volatile composition of siriguela (*Spondias purpurea* L.) by solid phase microextraction (SPME). **Food Science and Technology**. Vol. 39, p. 436–442, 2006.

CHEN, G.; CHEN, S.; ZHAO, Y.; LUO, C.; LIB, J.; GAO, Y.; Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion. **Industrial Crops and Products**. Vol. 57, p. 150-157, 2014.

CHRONAKIS, I.S. On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: A Review. **Critical Reviews in Food Science**. Vol. 38, p. 599-637, 1998.

CIVILLE, G. V.; OFTEDAL, K. N.; Sensory Evaluation Techniques — Make “good for you” taste “good”. **Physiology & Behavior**. Vol. 107, p. 598 – 605, 2012.

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B.; Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**. Vol. 44, p. 2047–2053, 2011.

CRUZ, A.G.; ANTUNES, A.E.C.; SOUSA, A.L.O.P.; FARIA, J.A.F.; SAAD, S.M.I. Ice-cream as a probiotic food carrier. **Food Research International**. Vol. 42, p. 1233–1239, 2009.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J.; Food powders engineering, between knowhow and science: constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**. Vol. 208, p. 244–251, 2011.

DEMBITSKY, V. M.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN, S.; The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. **Food Research International**. Vol. 44, p. 1671–1701, 2011.

DESAI, K.G.H.; PARK, H.J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**. Vol. 23, p. 1361–1394, 2005.

DIAS, M. G.; CAMÕES, M. F. G. F. C.; OLIVEIRA, L.; Carotenoids in traditional Portuguese fruits and vegetables. **Food Chemistry**. Vol. 113, p. 808–815, 2009.

DILIS, V.; TRICHOPOULOU, A.; Antioxidant intakes and food sources in greek adults. **The Journal of Nutrition**. Vol. 140, p. 1274 – 1276, 2010.

DOKIC-BAUCAL, L.; DOKIC, P.; JAKOVLJEVIC, J.; Influence of different maltodextrins on properties of O/W emulsions. **Food Hydrocolloids**. Vol. 18, p. 233–239, 2004.

DUVALL, C. S.; On the origin of the tree *Spondias mombin* in Africa. **Journal of Historical Geography**. Vol. 32, p. 249-266, 2006.

DZIEZAK, J.D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. **Food Technology**. Vol. 42, p. 136-148, 1988.

EDGE, R.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G.; The carotenoids as anti-oxidants - a review. **Journal of Photochemistry and Photobiology**. Vol. 41, p. 189-200, 1997.

EMBRAPA. **Geração de técnicas de conservação pós-colheita para valorização do cultivo de cajá e ciriguela no estado do Ceará**. Fortaleza – CE, 2001. Disponível em <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1558.pdf> Acessado em 15 de junho de 2014.

ENGELS, C.; GRÄTER, D.; ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M.; GÄNZLE, M. G.; SCHIEBER, A.; Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**. Vol. 46, p. 557–562, 2012.

FANG, Z.; BHANDARI, B.; Effect of *spray drying* and storage on the stability of bayberry polyphenols. **Food Chemistry**. Vol. 129, p. 1139–1147, 2011.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; **Química de Alimentos de Fennema**. Artmed. 4ª Ed., 2010.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M.; *Spray drying* of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal Food Technology**. Vol. 15, p. 157-165, 2012.

FIGUEIREDO, M.B.; PASSADOR, M.M.; COUTINHO, L.N.; A “ferrugem” ou verrugose dos frutos da ciriguela (*Spondias purpurea* L.) causada por *Elsinoe Spondiadis* WATSON & JENKINS. **Biológico**. Vol. 68, p. 5-7, 2006.

FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; MOURA, C.F.H.; OLIVEIRA, A. C. O.; ARAÚJO, N. C. C.; Calidad de frutas nativas de latinoamerica para indústria: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**. Vol. 43, p. 68-71, 2001.

FITZPATRICK, J. J.; AHRNÉ, L.; Food powder handling and processing: Industry problems, knowledge barriers and research opportunities. **Chemical Engineering and Processing**. Vol. 44, p. 209–214, 2005.

FITZPATRICK, J. J.; Particle properties and the design of solid food particle processing operations. **Chemical Engineering and Processing**. Vol. 85, p. 308–314, 2007.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S.; Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. **Powder Technology**. Vol. 206, p. 72–78, 2011.

GALVÃO, M. S.; NARAIN, N.; SANTOS, M. S. P. S.; NUNES, M. L.; Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits during maturation. **Food Research International**. Vol. 44, p. 1919–1926, 2011.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R.; Applications of *spray-drying* in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**. Vol. 40, p. 1107–1121, 2007.

GOUIN, S.; Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. **Trends in Food Science & Technology**. Vol. 15, p. 330–347, 2004.

GOULA, A. M. ; ADAMOPOULOS, K. G.; A new technique for *spray drying* orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. Vol. 11, p. 342 – 351, 2010.

HUI, Y. H.; **Handbook of food science, technology, and engineering**. CRC Press, p. 3 - 8, 2006.

INBARAJ, B. S.; LU, H.; HUNGB, C.F.; WU, W.B.; LIN, C.L.; CHEN, B.H.; Determination of carotenoids and their esters in fruits of *Lycium barbarum* Linnaeus by

HPLC–DAD–APCI–MS. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. Vol. 47, p. 812–818, 2008.

ISMAIL, A.; MARJAN, Z.M.; FOONG, C.W.; Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chemistry**. Vol. 87, p. 581–586, 2004.

JACKSON, L.S.; LEE, K.; Microencapsulation and the food industry. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**. Vol. 24, p. 289-297, 1991.

JAFARI, S.M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y.; BHANDARI, B. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during *spray drying*. **Drying Technology**. Vol. 26, p. 816–835, 2008.

JIMENEZ, J.; SERRANO, J.; TABERNERO, M.; ARRANZ, S.; DÍAZ-RUBIO, M.E.; GOÑI, I.; GARCIA-DIZ, L.; SAURA-CALIXTO, F.; Effects of grape antioxidant dietary fiber in cardiovascular disease factors. **Nutrition**. Vol. 24, p. 645-653, 2008.

JITTANIT, W.; NITI-ATT, S.; TECHANUNTACHAIKUL, O.; Study of *spray drying* of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. **Chiang Mai Journal Science**. Vol. 37, p. 498-506, 2010.

KAMILOGLU, S.; PASLI, A. A.; OZCELIK, B.; CAPANOGLU, E.; Evaluating the in vitro bioaccessibility of phenolics and antioxidant activity during consumption of dried fruits with nuts. **Food Science and Technology**. Vol. 56, p. 284-289, 2014.

KEMP, S. E.; HOLLOWOOD, T.; HORT, J.; **Sensory evaluation: A practical handbook**. Wley Blackwell, 1^oEd, p.211, 2009.

KIM, J.; KANGA, O.; GWEONB, O.; Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. **Journal of Functional Foods**. Vol. 5, p. 80-86, 2013.

KOHATSU, D. S.; ZUCARELI, V.; BRAMBILLA, W. P.; EVANGELISTA, R. M.; ONO, E. O.; SILVA, T. R. B.; Storage temperature and quality of red mombin fruits (*Spondias purpurea* L.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**. Vol. 9, p. 20-22, 2011.

KOZIOL, M. J.; MACÍA, M.; Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). **Economic Botany**. Vol. 52, p. 373 – 380, 1998.

KRINSKY, N. I.; JOHNSON, E. J.; Carotenoid actions and their relation to health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**. Vol. 26, p. 459–516, 2005.

KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A.; HPLC-DAD-MSn characterisation of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Food Chemistry**. Vol. 110, p. 522–530, 2008.

LABMAQ DO BRASIL LTDA (2003). **Manual de Operações do Mini-Spray Dryer MSD 1.0**. Departamento de Engenharia.

LEONG, L.P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. **Food Chemistry**. Vol. 76, p. 69-75, 2002.

LIRA JÚNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, L. E.; MOURA, R. J. M.; Produção e características físico-químicas de clones de ciriguela na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Vol. 5, p. 43-48, 2010.

LOBO, V.; PATIL, A.; PHATAK, A.; CHANDRA, N.; Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacognosy Review**. Vol. 4, p. 118–126, 2010.

LÓPEZ-ALARCÓN, C.; DENICOLA, A. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. **Analytica Chimica Acta**. Vol. 763, p. 1-10, 2013.

MARTINS, L. P.; SILVA, S. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. M. C.; Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Vol. 25, p. 23-26, 2003.

MARTINS, S. T., MELO, B. *Spondias (Cajá e outras)*. 2003. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/caja.html>>. Acesso em 10 junho 2014.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T.; **Sensory Evaluation Techniques**. 4th edition, p. 1 - 7, 2006.

MERTZ, C.; GANCEL, A.; GUNATA, Z.; ALTER, P.; DHUIQUE-MAYER, C.; VAILLANT, F.; PEREZ, A. M.; RUALES, J.; BRAT, P.; Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 22, p. 381–387, 2009.

MILLER, A. J. ; SCHAAL, B. A. Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea* L. **Molecular Ecology**. Vol. 102, p. 12801–12806, 2005.

MILLER, A. J.; SCHAAL, B. A.; Domestication and the distribution of genetic variation in wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae). **Molecular Ecology**. Vol. 15, p. 1467–1480, 2006.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NÚÑEZ, M. J.; PARAJÓ, J. C.; Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**. Vol. 72, p. 145-171, 2001.

MURILLO, E.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.; J.; PORTUGAL, F.; Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. **Food Chemistry**. Vol. 122, p. 167–172, 2010.

MURRAY, D.G.; LUFT, L.R. Low-DE corn starches hydrolysates. Multi-functional carbohydrates aid in food formulation. **Food Technology**. Vol. 27, p. 32-40, 1973.

MURRIETA-PAZOS, I.; GAIANI, C.; GALET, L.; CALVET, R.; CUQ, B.; SCHER, J.; Food powders: Surface and form characterization revisited. **Journal of Food Engineering**. Vol. 112, p. 1–21, 2012.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Review Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography**. Vol. 1054, p. 95–111, 2004.

NAZZARO, F.; ORLANDO, P.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R.; Microencapsulation in food science and biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**. Vol. 23, p. 82–186, 2012.

NISHINO, H.; MURAKOSHI, M.; TOKUDA, H.; SATOMI, Y.; Cancer prevention by carotenoids. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. Vol. 483, p. 165-168, 2009.

O'HAGAN, P.; HASAPIDIS, K.; CODER, A.; HELSING, H.; POKRAJAC, G. Particle size analysis of food powders. **Encapsulated and Powdered Foods**. p. 215-245, 2005.

OLIVER, J.; PALOU, A.; Chromatographic determination of carotenoids in foods. **Journal of Chromatography**. Vol. 881, p. 543–555, 2000.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. S.; RABELO, L. A.; MANO, C. M.; BECHARA, E. J. H.; SAWAYA, A. C. H. F.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. G.; FERREIRA, R. C. S.; SANT'ANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F.; Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**. Vol. 49, p. 334–344, 2012.

PELEG, H.; BODINE, K.K.; NOBLE, A.C.; The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. **Chemical Senses**. Vol. 23, p. 371-378, 1998.

PHISUT,N.; *Spray drying* technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**. Vol. 19, p. 1297-1306, 2012.

PIMENTA-BARRIOS, E.; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, B. C.; Phenology, Growth, and Response to Light of Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L., Anacardiaceae). **Economic Botany**. Vol. 57, p. 481-490, 2003.

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

QUIRÓS, A. R.; COSTA, H. S.; Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 19, p. 97–111, 2006.

RACE-EVANS, C.; MILLER, N.; PAGANGA, G.; Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends in Plants Science**. Vol. 2, p. 152-159, 1997.

ROCHA, G. A.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F.; Microencapsulation of lycopene by *spray drying*: Characterization, stability and application of microcapsules. **Food and Bioproducts Processing**. Vol. 90, p. 37– 42, 2012.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI Press: Washington, p. 64, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; AMAYA-FARFAN, J.; RODRIGUEZ, E.B.; **Carotenoids in fruits: Biology, chemistry, technology and health benefits**. In: Epifanio, F. (Ed.), *Current Trends in Phytochemistry*. Research Signpost, Kerala, India, p. 167–188, 2008a.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H.T.; AMAYA-FARFAN, J.; Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 21, p. 445–463, 2008b.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 23, p. 726–740, 2010.

RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, G.R.; GONZÁLEZ-GARCÍA, R.; GRAJALES-LAGUNES, A.; RUIZ-CABRERA, M.A. *Spray-drying* of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): Effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. **Drying Technology**. Vol. 23, p. 955-973, 2005.

ROGERS, S.; FANG, Y.; LIN, S. X. Q.; SELOMULYA, C.; CHEN, X. D.; A monodisperse *spray dryer* for milk powder: Modelling the formation of insoluble material. **Chemical Engineering Science**. Vol. 71, p. 75–84, 2012.

ROWE, R. C.; SHESKEY, P. J.; QUINN, M. E.; **Handbook of pharmaceutical excipients**. 6st edition - Pharmaceutical Press and American Pharmacists. p. 222/418/690, 2009.

SAÉNZ, C.; TAPIA, S.; CHÁVEZ, J.; ROBERT, P.; Microencapsulation by *spray drying* of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**. Vol. 114, p. 616–622, 2009.

SAMPAIO, S.A.; BORA, P.S.; HOLSCHUH, H.J.; Postharvest respiration and maturation of some lesser-known exotic fruits from Brazil—ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Ceres**. Vol. 55, p. 141–145, 2008.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A.; **Biochemistry of Fruit Ripening**. Chapman & Hall, 1st edition. p. 3 – 9, 1993.

SERRANO, J.; GOÑI, I.; SAURA-CALIXTO, F.; Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. **Food Research International**. Vol. 40, p. 15–21, 2007.

SHAHIDI, F.; HAN, X.D. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Vol. 33, p. 501-547, 1993.

SHARMA, O. P.; BHAT, T. K.; DPPH antioxidant assay revisited. **Food Chemistry**. Vol. 113, p. 1202-1205, 2009.

SILVA, Q. J.; MOREIRA, A. C. G.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de cirigueiras (*spondia purpurea L.*). **Alimentos e Nutrição**. Vol. 23, p. 73-80, 2012.

SOOBRAATTEE, M. A.; NEERGHEEN, V. S.; LUXIMON-RAMMA, A.; AROUMA, O. I.; BAHORUN, T.; Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**. Vol. 579, p. 200-213, 2005.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, G. D. S.; Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**. Vol. 134, p. 381–386, 2012.

STONE, H.; BLEIBAUM, R.; THOMAS, H. A.; **Sensory Evaluation Practices**. 4th edition, p. 1 - 78, 2012.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TACO)/ NEPA – UNICAMP. Campinas.161 p, 4° ed., 2011.

TADMOR, Y.; KING, S.; LEVI, A.; DAVIS, A.; MEIR, A.; WASSERMAN, B.; HIRSCHBERG, J.; LEWINSOHN, E.; Comparative fruit colouration in watermelon and tomato. **Food Research International**. Vol. 38, p. 837–841, 2005.

TIBURSKI, J. H.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S.; Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin L.*) pulp. **Food Research International**. Vol. 44, p. 2326–2331, 2011.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D.; Anthocyanin stability and antioxidant activity of *spray-dried* açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**. Vol. 43, p. 907–914, 2010.

TONON, R. V.; FREITAS, S. S.; HUBINGER, M. D.; *Spray drying* of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) juice: effect of inlet air temperature and type of carrier agent. **Journal of Food Processing and Preservation**. Vol. 35, p. 691–700, 2011.

VAN DEN BERG, H.; FAULKS, H.; GRANADO, H. F.; HIRSCHBERG, J.; OLMEDILLA, B.; SANDMANN, G.; SOUTHON, S.; STAHL, W. L.; CLIFFORD, M.; The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Vol. 80, p. 880-912, 2000.

VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S.; MOYÁ, M.L.; TRONCOSO, A. M.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. **Talanta**. Vol. 71, p. 230–235, 2007.

WALTON, D. E.; MUMFORD, C. J.; *Spray dried* products pharacterization of particle morphology. **Chemical Engineering Research & Design**. Vol. 77, p. 21-38, 1999.

WALTON, D.E.; The morphology of *spray-dried* particles a qualitative view. **Drying Technology**. Vol. 18, p. 1943-1986, 2000.

WANG, S.; LANGRISH, T.; A review of process simulations and the use of additives in *spray drying*. **Food Research International**. Vol. 42, p. 13–25, 2009.

WANG, S.; MELNYK, J. P.; TSAO, R.; MARCONE, M. F.; How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. **Food Research International**. Vol. 44, p. 14–22, 2011.

WANNAN, B. S.; Analysis of Generic Relationships in Anacardiaceae. **Blumea**. Vol. 51, p. 165 – 195, 2006.

YOUSEFI, S.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, S. M.; Effect of carrier type and *spray drying* on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum* L.). **Journal Food Science Technology**. Vol. 48, p. 677–684, 2011.

ZAREIFARD, M. R.; NIAKOUSARI, M.; SHOKROLLAHI, Z.; JAVADIAN, S.; A Feasibility Study on the Drying of Lime Juice: The Relationship between the Key Operating Parameters of a Small Laboratory *Spray Dryer* and Product Quality. **Food Bioprocess Technology**. Vol. 5, p. 1896–1906, 2012.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Vol. 49, p. 5165-5170, 2001.

5. ARTIGO 1 - EFEITO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS SOBRE A SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DA POLPA DE CIRIGUELA

RESUMO

A ciriguela (*Spondias purpurea* L.) é uma fruta tropical, atrativa pelo sabor e aroma exótico, dispersa principalmente na região nordeste do Brasil e geralmente comercializada *in natura*, na forma de polpa e geléias. Visando obter um novo produto e prolongar a vida de prateleira da polpa de ciriguela, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência das variáveis do processo de secagem por atomização (temperatura: 90 – 190°C; vazão: 0,2 – 1,0 L/h; agente carreador maltodextrina 10DE: 10 – 30%), sobre a umidade, atividade de água, cor, higroscopicidade e retenção de carotenóides. E selecionar as melhores condições de secagem, utilizando um delineamento composto central rotacional (DCCR). A temperatura de secagem exerceu influência significativa sobre a maioria das respostas estudadas, seu aumento resultou em pós com menor umidade, Aa, luminosidade e maior intensidade de vermelho. No entanto, a vazão mássica apresentou efeito oposto, para todas as variáveis citadas anteriormente, além de seu aumento resultar em menor retenção de carotenóides. A concentração do agente carreador influenciou apenas a intensidade de amarelo, maiores intensidades foram obtidas utilizando maiores concentrações do carreador. Apenas o modelo ajustado para a higroscopicidade não foi considerado preditivo ao nível de 95% de confiança. As melhores condições de secagem selecionadas foram: temperatura de 170°C e 110°C, vazão mássica de 0,36 l/h para ambas e 14 e 26% de agente carreador.

Palavras-chave: *Spondias purpurea* L., retenção carotenóides, maltodextrina 10DE, planejamento experimental.

ABSTRACT

The red mombin (*Spondias purpurea* L.) is a tropical fruit, attractive for taste and exotic aroma, dispersed mainly in the northeast region of Brazil, usually marketed *in natura*, in the pulp form and jams. In order to obtain a new product and prolong the shelf life of red mombin fruit pulp, this study aimed to evaluate the influence of process variables spray drying (temperature: 90 - 190 ° C, flow rate: 0.2 - 1.0 L / h; maltodextrin 10DE maltodextrin: 10-30%) on the moisture, water activity, color, hygroscopicity and retention of carotenoids. And select the best drying conditions, using a central composite rotational design (CCRD). The drying temperature had significant effect over most of the responses studied, the increase resulted in powders with lower humidity, Aa, higher luminosity and higher intensity of red. However, the mass flow rate showed the opposite effect, for all variables mentioned above, as well as its increase resulted in lower retention of carotenoids. The concentration of maltodextrin influenced only yellow intensity, higher intensities were obtained using higher concentrations of the agent carrier. Only the adjusted model for the hygroscopicity wasn't considered predictive. The best drying conditions selected were: temperature of 170 ° C and 110 ° C, mass flow rate of 0.36 l / h for both and 14 and 26% maltodextrin.

Keywords: : *Spondias purpurea* L., carotenoid retention, maltodextrin 10DE, experimental design.

5.1 INTRODUÇÃO

A demanda de consumo de frutas e seus derivados naturais tem aumentado em todo o mundo devido aos resultados obtidos a partir de estudos epidemiológicos e nutricionais, que demonstram uma relação aparente entre o consumo regular de frutas e hortaliças com uma diminuição da incidência de doenças degenerativas (OSORIO *et al.*, 2011; CHIK *et al.*, 2011; BERMÚDEZ-SOTO; TOMÁS-BARBERÁN, 2004). As frutas são importantes fontes de carboidratos e vitaminas, por isso a importância da ingestão diária (PHISUT, 2012).

O mercado por sua vez, tem empregado diferentes tecnologias para preservação dos frutos de modo a minimizar perdas pós-colheita, porém, possuem como principal dificuldade o controle do alto teor de umidade que resulta na perda de qualidade devido o crescente aumento da atividade enzimática e microbiana (PHISUT, 2012; FERRARI *et al.*, 2012; JITTANIT *et al.*, 2010; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

Reduzir o teor de umidade e atividade de água nas frutas é sempre desejável para garantir sua qualidade. Existem diversas técnicas de secagem, entre elas atomização que é comumente aplicada quando se deseja obter suco ou polpa de frutas em pó (PHISUT, 2012; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007). Como vantagens adicionais, a produção de polpa de frutas em pó facilita e reduz os custos com transporte e armazenamento, devido à redução do peso e volume do alimento (CHIK *et al.*, 2011; GOULA; ADAMOPOULOS, 2010; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

No entanto, a secagem de frutas por atomização pode resultar em pós com alta pegajosidade, viscosidade e higroscopicidade, devido à presença de açúcares de baixo peso molecular que provocam a adesão do pó às paredes do secador e ciclone, tornando sua manipulação, armazenamento e utilização substancialmente mais difíceis (FERRARI *et al.*, 2012; GOULA; ADAMOPOULOS, 2010; JAKUBCZYK *et al.*,

2010; CHEGINI; GHOBADIAN, 2007; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005). Portanto, é requerida a adição de agentes carreadores com alto peso molecular na mistura de alimentação (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010; PAPADAKIS *et al.*, 2006; BHANDARI *et al.*, 1997; BHANDARI *et al.*, 1993). Além de reduzir a umidade, atividade de água e higroscopicidade dos pós, estes agentes, geralmente são utilizados para microencapsulação, por possuírem a função de proteção dos componentes sensíveis, tais como aromas, carotenóides e compostos antioxidantes (FERRARI *et al.*, 2012; CHIK *et al.*, 2011; AHMED *et al.*, 2010; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

A qualidade dos alimentos secos por atomização depende de fatores operacionais. Assim, é necessário o entendimento e controle de algumas variáveis de processo, tais como, as características do líquido de alimentação, do ar de secagem, além do tipo e mecanismo de funcionamento do atomizador. A fim de se obter produtos com melhores características sensoriais e nutricionais, se faz necessário realizar a otimização do processo (PHISUT, 2012; JITTANIT *et al.*, 2010; CHEGINI; GHOBADIAN, 2007).

Visando obter um novo produto e prolongar a vida de prateleira da polpa de ciriguela, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência das variáveis do processo de secagem por atomização e selecionar as melhores condições de secagem.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Material

5.2.1.1 Matéria-prima

Os frutos de ciriguela (*Spondia purpurea L.*) foram adquiridos na Central de Abastecimento de Pernambuco (CEASA/PE) instalada no Km 70 da Rodovia BR 101 Sul. Para obtenção da polpa de ciriguela, foram selecionados os frutos com coloração amarelo-alaranjada e média de 15,6 °Brix de sólidos solúveis, que em seguida foram lavados em água corrente, sanitizados com água clorada (50 ppm de cloro ativo), despulpados em despulpadeira semi-industrial em aço inox (Bonina Compacta - Itabauna/BA). A polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade 20x30 cm e armazenada a -18 °C até ser descongelada, de acordo com as quantidades necessárias para cada ensaio.

5.2.1.2 Agente carreador

O agente carreador utilizado foi a maltodextrina com dextrose equivalente (DE) 10 *MOR-REX® 1910*, da Corn Products (Mogi-Guaçu, Brasil).

5.2.2 Método

5.2.2.1 Obtenção da Ciriguela Atomizada

A polpa de ciriguela foi descongelada e homogeneizada em liquidificador de uso doméstico, seguida de filtração simples em peneira aço inox (1,2 mm de abertura), com a finalidade de eliminar sólidos em suspensão. Em seguida, a polpa foi pesada em balança semi-analítica (Shimadzu) e com base neste peso, foi adicionada 50% de água destilada de modo a facilitar a passagem pelo bico atomizador. Por fim, a Maltodextrina 10DE em concentrações pré-determinadas foi adicionada ao filtrado. Esta mistura foi mantida sob agitação, até a completa dissolução em um misturador (modelo TE 102 - Tecnal, Brasil).

A secagem foi realizada em um secador laboratorial com sistema de atomização em bicos – Mini-Spray-Dryer LM modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA), com características operacionais: vazão de líquido de 0,2 – 1,0 L/h, bico injetor de 1,2mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³/h e pressão do ar de 0,6 bar. A programação da temperatura (°C) e vazão mássica (L/h) variaram de acordo com o planejamento experimental descrito no item 5.2.2.2.

O produto coletado em forma de pó foi acondicionado em vidros (250 mL) que foram fechados hermeticamente, protegidos da incidência de luz e armazenados em ambiente seco, contendo sílica gel como agente dessecante.

5.2.2.2 Planejamento Experimental

A secagem da polpa de ciriguela foi realizada de acordo com um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) 2³, com 8 pontos fatoriais (níveis ± 1), 3 pontos centrais (nível 0) e 6 pontos axiais ($\pm\alpha$), totalizando 17 ensaios com objetivo de avaliar a influência das variáveis independentes: temperatura do ar de secagem (°C), vazão mássica (L/h) e agente carreador (%), sobre as variáveis dependentes: umidade (%), atividade de água (Aa), cor (L*; a*; b*), retenção de carotenóides (%) e higroscopicidade (g.100g⁻¹).

Os dados obtidos foram ajustados ao seguinte polinômio:

$$Y = \varphi(T, C, t) = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 V + \beta_3 A + \beta_{11} T^2 + \beta_{22} V^2 + \beta_{33} A^2 + \beta_{12} TV + \beta_{13} TA + \beta_{23} VA$$

[Equação 1]

Em que β_n são os coeficientes de regressão, y é a resposta em questão (umidade, atividade de água (Aa), L*; a*; b*, higroscopicidade e retenção de carotenóides) e T , V e A são as variáveis independentes (temperatura, vazão mássica e agente carreador, respectivamente).

As Tabelas 1 e 2 apresentam as variáveis independentes codificadas e o planejamento experimental codificado e decodificado da secagem da polpa de ciriguela por atomização, respectivamente.

Tabela 1. Variáveis independentes codificadas.

Variável	- 1,68	-1	0	+1	+ 1,68
Temperatura do ar de secagem (°C)	90	110	140	170	190
Vazão mássica (h/l)	0,2	0,36	0,60	0,84	1,0
Agente carreador (%)	10	14	20	26	30

Tabela 2. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem da polpa de ciriguela por atomização.

Ensaio	Temperatura (°C)	Vazão mássica (l/h)	Agente carreador (%)
01	-1 (110)	-1 (0,36)	-1 (14)
02	+1(170)	-1 (0,36)	-1 (14)
03	-1 (110)	+1 (0,84)	-1 (14)
04	+1 (170)	+1 (0,84)	-1 (14)
05	-1 (110)	-1 (0,36)	+1 (26)
06	+1 (170)	-1 (0,36)	+1 (26)
07	-1 (110)	+1 (0,84)	+1 (26)
08	+1 (170)	+1 (0,84)	+1 (26)
09	0 (140)	0 (0,60)	0 (20)
10	0 (140)	0 (0,60)	0 (20)
11	0 (140)	0 (0,60)	0 (20)
12	- α (90)	0 (0,60)	0 (20)
13	+ α (190)	0 (0,60)	0 (20)
14	0 (140)	- α (0,20)	0 (20)
15	0 (140)	+ α (1,00)	0 (20)
16	0 (140)	0 (0,60)	- α (10)
17	0 (140)	0 (0,60)	+ α (30)

5.2.3 Análise Estatística

Foram avaliados os efeitos principais e as interações através do programa computacional Statistica 6.0 (Statsoft, 1997) ao nível de 5% de significância.

5.2.4 Análises Físico-Químicas da Polpa de Ciriguela

As análises de caracterização da polpa de ciriguela foram realizadas em triplicata, e seguiram as metodologias descritas: Umidade, determinada em balança infravermelho (MARTE - IDSO – Piracicaba/SP) a 105°C/45 min; Atividade de Água (Aa), através de analisador de atividade de água digital (AQUALAB 4TE - Pullman/USA), a 25°C; Teor de Sólidos Solúveis – (SS), utilizando refratômetro Atago (MASTER T - Japão) com escala de 0 a 32 °Brix; Cor, avaliada em colorímetro (KONICA MINOLTA CR400 - Japão) operando em sistema de leitura CIELAB ($L^*a^*b^*$), sendo L^* a luminosidade (0: preto / 100: branco), a^* a intensidade da cor vermelha ($+a^*$: vermelho / $-a^*$: verde) e b^* a intensidade da cor amarela ($+b^*$: amarelo / $-b^*$: azul) (McGUIRE, 1992); pH, medida direta em pHmetro digital (TECNAL TEC-5 - Piracicaba/SP) a 25°C; Acidez Titulável (AT) foi realizada por método titulométrico, os resultados foram expressos em g de ácido cítrico.100g⁻¹; Cinzas, Proteínas e Lipídeos, foram determinadas de acordo com o método AOAC (2006) e os resultados expressos em g.100g⁻¹; O teor de carboidratos foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de umidade, proteína, lipídeos e cinzas, o resultado foi expresso em g.100g⁻¹; Ácido Ascórbico (AA), determinado por método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 2006) e os resultados expressos em mg.100g⁻¹; Carotenóides Totais, extraídos e quantificados pelo método descrito por Rodriguez-Amaya (1999) e os resultados expressos em µg de equivalente de β-caroteno g⁻¹;

5.2.5 Análises Físico-Químicas da Ciriguela em Pó

Os pós foram avaliados em relação à umidade, cor, atividade de água, carotenóides totais (metodologias descritas anteriormente) e higroscopicidade, determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), com algumas modificações, onde pesou-se 1g de cada amostra e colocou-se em recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25°C e, após sete dias, as amostras foram pesadas. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para determinar a retenção dos carotenóides totais, os resultados foram convertidos levando-se em conta a massa seca (m.s.) presente na polpa de ciriguela da mistura de alimentação e após a secagem, desconsiderando a quantidade de maltodextrina utilizada no ensaio. Calculada de acordo com a Equação 2.

$$R (\%) = \frac{A}{B} \times 100$$

[Equação 2]

Onde: A = quantidade de carotenóides presente na mistura de alimentação (m.s.);

B = quantidade de carotenóides presente no pó (m.s.);

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Caracterização da Polpa de Ciriguela

As análises físico-químicas da polpa são relevantes no desenvolvimento de novos produtos, pois nos permite entender a composição da matéria prima e relacioná-las com outros aspectos de qualidade do produto processado. A Tabela 3 contém os resultados da caracterização físico-química da polpa de ciriguela utilizada na secagem por atomização.

Tabela 3. Caracterização físico-química da polpa de ciriguela.

Análises	Resultados*
pH a 25°C	3,57 ± 0,08
Acidez Titulável (g ácido cítrico.100 g ⁻¹)	0,97 ± 0,08
Sólidos Solúveis (°Brix)	15,63 ± 1,16
SS/AT	16,11
Atividade de Água (Aa) a 25°C	0,99 ± 0,01
Cor (L*)	62,61 ± 1,66
(a*)	1,65 ± 0,18
(b*)	44,21 ± 2,64
Carotenóides (µ/g)	15,20 ± 1,58
Ácido Ascórbico (mg.100 g ⁻¹)	27,60 ± 1,05

*Médias de triplicata seguidas de desvio padrão.

Não existe um padrão de identidade e qualidade para a polpa de ciriguela. Porém, comparando os resultados obtidos na caracterização da mesma com outros trabalhos realizados evidenciamos que o pH foi relativamente superior ao encontrado por Filgueiras *et al.* (2001) e Freire *et al.* (2011) que variaram de 2,63 a 3,46. O valor da acidez esta compreendido entre os resultados obtidos por Lira Junior *et al.* (2010) e Freire *et al.* (2011), 0,73 a 1,17 g ácido cítrico.100 g⁻¹. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), no amadurecimento, as frutas perdem rapidamente a acidez, e assim, há um aumento do pH.

Os sólidos solúveis (SS) também estão compreendidos entre os valores encontrados por Freire *et al.* (2001) e Figueiras *et al.* (2001) que variaram entre 6,23 a 21,2 °Brix. Segundo Freire *et al.* (2001) os valores dos SS aumentam com o estágio de maturação do produto e atingem o máximo ao final da maturação, o valor obtido no presente trabalho 15,63 °Brix esta próximo ao valores que os pesquisadores classificaram como estágio de maturação amarelo, sendo 16,9 °Brix. Os SS em frutas são constituídos principalmente de açúcares simples de baixo peso molecular (glicose,

frutose e sacarose), que podem causar aderência às paredes da câmara durante a atomização (ADHIKARI *et al.*, 2003).

Os valores obtidos para SS/AT estão compreendidos entre os encontrados por Freire *et al.* (2001) e Lira Junior *et al.* (2010) que variaram de 7,23 e 26,58. A relação SS/AT é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, considerada, portanto mais representativa que a medição isolada de açúcares ou acidez, pois fornece uma boa perspectiva do equilíbrio entre esses dois componentes (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

O teor de atividade de água (Aa) está compatível com os resultados obtidos para frutas *in natura*, o teor elevado indica que há água livre disponível para reações bioquímicas (QUEK *et al.*, 2007).

Em relação à cor, a polpa apresentou luminosidade intermediária e considerável intensidade de coloração vermelha e amarela, este atributo está diretamente ligado ao estágio de maturação do fruto, que fica mais vermelho quando maduro. O teor de ácido ascórbico (AA) também sofre influência do estágio de maturação, López *et al.* (2004) e Filgueiras *et al.* (2001) analisando frutos de ciriguela em diferentes estádios de maturação, encontraram maiores valores para o fruto verde em comparação com o estágio maduro, sendo 48,2 e 46,0 mg AA.100 g⁻¹ polpa, respectivamente. Almeida *et al.* (2011) e Kozio e Macía (1998), encontraram valores de 29,6 e 49,0 mg AA.100 g⁻¹ polpa, respectivamente, sendo estes resultados superiores ao obtido no presente trabalho.

Os carotenóides totais estão entre os constituintes alimentícios mais importantes, não somente pela promoção de benefícios a saúde, mas também pela cor que confere aos alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010; MERTZ *et al.*, 2009; NISHINO *et al.*,

2009), no presente trabalho o teor de carotenóides foi $15,20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Murillo *et al.* (2010) encontraram um valor próximo de carotenóides totais para a ciriguela, $18,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Na Tabela 4, encontram-se os resultados da composição química da polpa de ciriguela.

Tabela 4. Composição química da polpa de ciriguela.

Análises	Resultados*
Umidade (%)	$78,24 \pm 0,34$
Proteínas ($\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$)	$1,2 \pm 0,10$
Lipídeos ($\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$)	$0,18 \pm 0,04$
Cinzas ($\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$)	$0,69 \pm 0,05$
Carboidratos ($\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$)	$19,69 \pm 0,80$

*Médias de triplicata seguidas de desvio padrão.

Os valores da composição química da polpa de ciriguela estão de acordo com os resultados fornecidos na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2011), demonstrando a qualidade da matéria-prima utilizada na pesquisa.

5.3.2 Análise das Influências das Variáveis de Processo

Os resultados das médias obtidas por análise em triplicata das variáveis dependentes (umidade, atividade de água, cor (L^* , a^* , b^*), higroscopicidade e retenção de carotenóides), para cada ensaio do planejamento experimental estão apresentados na Tabela 5. É possível constatar que houveram reduções significativas na atividade de água e umidade, e que estes valores juntamente com a higroscopicidade para a polpa de ciriguela atomizada foram baixos quando comparados com trabalhos semelhantes de secagem de frutas por atomização empregando-se maltodextrina 10DE como agente carreador. Os valores de retenção de carotenóides não ultrapassaram 33,43%, evidenciando que o processo de secagem e suas variáveis empregadas exercem influência sobre a retenção destes compostos. Além de ser possível observar que em

determinados experimentos houve a manutenção da luminosidade e principalmente das intensidades de amarelo e vermelho características do fruto.

Tabela 5. Respostas das variáveis dependentes para os 17 ensaios do planejamento experimental para secagem por atomização da polpa de ciriguela.

Ensaio	T (°C)	V (L/h)	Ag. Car (%)	Aa	Umidade (%)	Higroscopicidade (g.100g ⁻¹)	Retenção Carotenóides (%)	L*	a*	b*
1	110	0,36	14	0,15	2,69	19,48	27,83	88,28	-1,58	24,93
2	170	0,36	14	0,09	1,70	18,68	32,58	88,20	0,62	26,90
3	110	0,84	14	0,39	6,01	16,24	18,53	90,27	-1,21	24,83
4	170	0,84	14	0,26	2,97	21,34	22,72	89,60	0,39	25,10
5	110	0,36	26	0,11	2,23	18,30	33,43	91,69	-1,20	20,15
6	170	0,36	26	0,06	1,01	19,89	18,80	89,13	0,88	21,70
7	110	0,84	26	0,31	4,41	16,16	21,90	91,59	-1,60	20,20
8	170	0,84	26	0,21	2,07	17,45	17,15	90,00	-0,21	22,90
9	140	0,60	20	0,14	2,99	18,23	21,33	91,09	-1,70	22,83
10	140	0,60	20	0,11	1,93	20,46	21,24	90,98	-1,68	21,93
11	140	0,60	20	0,14	2,79	20,45	22,93	89,63	-1,46	24,72
12	90	0,60	20	0,25	4,61	16,61	26,30	89,69	-1,92	23,80
13	190	0,60	20	0,07	0,90	20,25	14,90	82,26	2,70	24,29
14	140	0,20	20	0,08	1,49	19,91	25,49	89,96	0,29	22,63
15	140	1,00	20	0,33	3,99	21,39	21,77	91,15	-1,85	22,88
16	140	0,60	10	0,12	2,60	20,52	23,92	91,04	-1,60	27,79
17	140	0,60	30	0,12	2,04	17,41	20,50	91,51	-1,50	20,52

T (°C): Temperatura de Secagem; V (L/h): Vazão Mássica de Alimentação; Ag. Car. (%): Concentração do Agente Carreador;

A Tabela 6 apresenta o coeficiente de regressão para a equação polinomial, o valor de F e o coeficiente de determinação (R^2). Alguns termos não significativos ($p \geq 0,05$) foram eliminados e as equações resultantes foram analisadas pela análise de variância (ANOVA).

Os valores de F calculado foram superiores aos de F tabelado para todas as respostas, exceto para a higroscopicidade. Indicando que os modelos mostraram regressão significativa ao nível de 95% de confiança e falta de ajuste não significativa ($p \geq 0,05$). Ainda na Tabela 6, verifica-se que para a umidade, atividade de água e as coordenadas a^* e b^* , o coeficiente de determinação foi maior que 80%, diferentemente da coordenada L^* , higroscopicidade e retenção de carotenóides que apresentaram valores inferiores.

Tabela 6. Coeficiente de regressão da equação quadrática para umidade, atividade de água, cor, higroscopicidade e retenção de carotenóides.

	Umidade (%)	Aa	L*	a*	b*	Higroscopicidade (g.100g ⁻¹)	Retenção de Carotenóides (%)
B₀	5,26	0,347	61,70	11,956	30,53	19,26	-10,85
B₁	-0,03	-0,002	0,46	-0,19	NS	NS	0,32
B₁₁	NS	NS	-0,002	0,001	NS	NS	NS
B₂	3,69	NS	NS	-7,60	NS	NS	-11,85
B₂₂	NS	0,53	NS	5,33	NS	NS	NS
B₃	NS	NS	NS	NS	-0,356	NS	2,55
B₃₃	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B₁₂	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B₁₃	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,02
B₂₃	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
F_{Cal}	34,86	48,00	16,51	32,07	60,34	1,71	8,67
F_{Tab}	3,74	3,41	3,74	3,20	4,54	3,68	3,26
R²	0,833	0,894	0,702	0,923	0,801	0,688	0,743

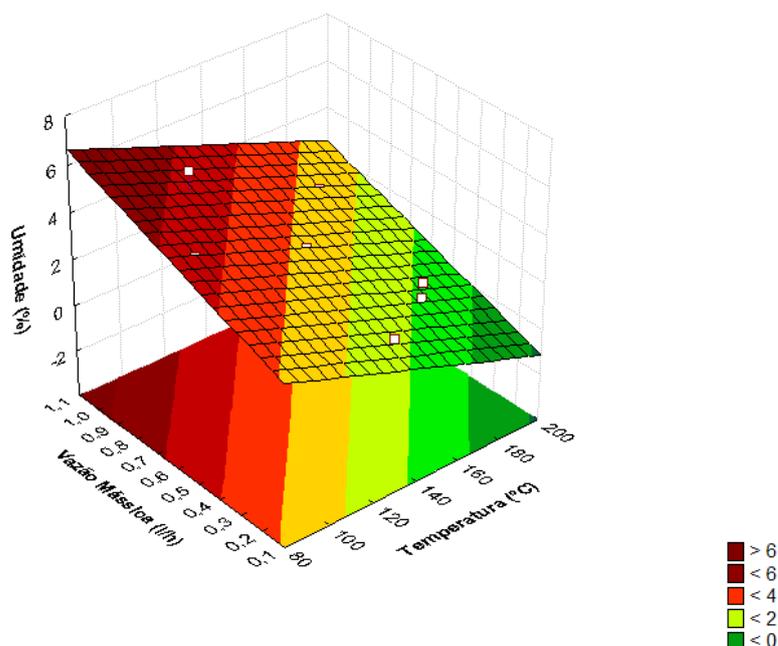
B₀: Média; B₁: Termo Linear da Temperatura (°C); B₁₁: Termo Quadrático da Temperatura; B₂: Termo Linear da Vazão Mássica (L/h); B₂₂: Termo Quadrático da Vazão Mássica (L/h); B₃: Termo Linear da Concentração de Agente carreador (%); B₃₃: Termo Quadrático da Concentração de Agente carreador (%); B₁₂: Interação Temperatura x Vazão Mássica; B₁₃: Interação Temperatura x Agente Carreador; B₂₃: Interação Vazão Mássica x Agente Carreador; F_{Cal}: F Calculado; F_{Tab}: F Tabelado; R²: Coeficiente de Determinação;

5.3.2.1 Umidade

A umidade dos pós de ciriguela variaram entre 0,90 a 6,01% (Tabela 5). Valores semelhantes foram obtidos por Papadakis *et al.* (2006) em secagem de suco de uva. No entanto, valores ligeiramente superiores foram apresentados por Goula e Adamopoulos (2010) e Jittanit *et al.* (2010) respectivamente, para suco de laranja e abacaxi em pó. De acordo com Grabowsky *et al.* (2006) o teor máximo de umidade desejável para pó obtido por *spray dryer* é 3,5%. Evidencia-se que apenas os ensaios 3, 7, 12 e 15 excederam este valor, sendo estes pós, produzidos com a combinação das menores temperaturas e as maiores vazões do planejamento experimental, fato este que pode ser observado na Figura 1.

Ainda na Figura 1 constatamos que o aumento da temperatura produziu pós com menor teor de umidade. Vale ressaltar que temperaturas altas implicam em maior taxa de transferência de calor para as partículas, resultando em maior evaporação da água dos produtos (PHISUT, 2012; FERRARI *et al.*, 2012). Constatações semelhantes foram obtidas por Goula e Adamopoulos (2010), Ferrari *et al.*, (2012), Grabowski *et al.* (2006), Souza *et al.* (2009) e Quek *et al.*, 2007 ao realizarem atomização do suco de laranja, polpa de amora preta, purê de batata doce, polpa de tomate e suco de melancia, respectivamente. Efeito oposto apresentou a vazão mássica, ou seja, seu aumento resultou em pós com maior umidade (Figura 1). Segundo Phisut (2012) o aumento desta variável reduz o tempo de contato entre o produto e o ar, tornando o processo de transferência de calor com menor eficiência e assim, resultando em menor evaporação de água do produto.

Figura 1. Superfície de resposta da umidade em função da vazão mássica (L/h) e temperatura (°C) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.



5.3.2.2 Atividade de Água (Aa)

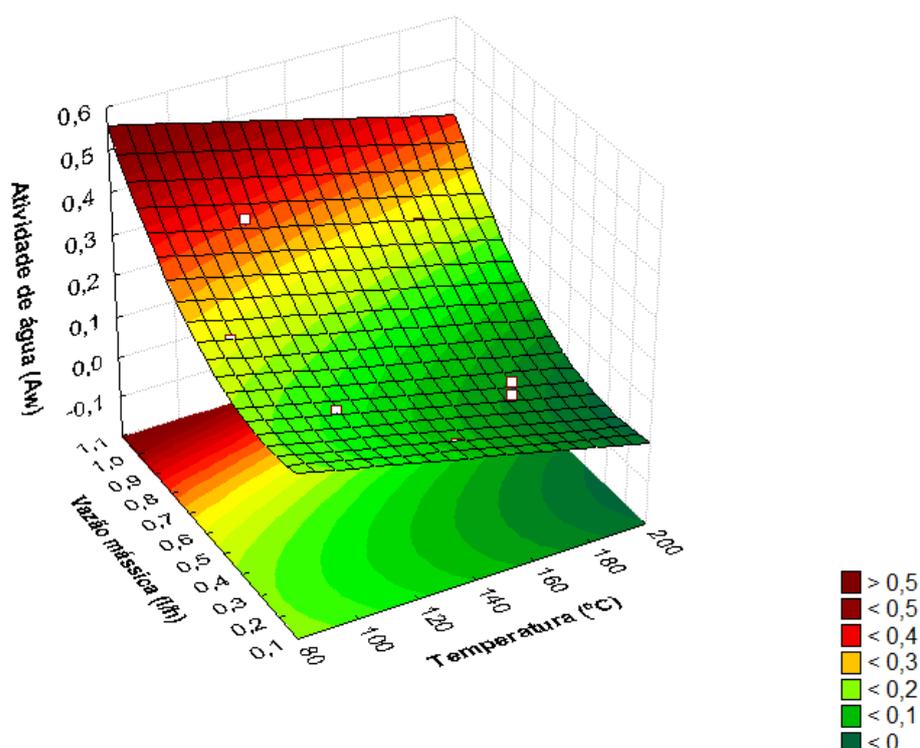
O teor de atividade de água dos pós de ciriguela variou entre 0,06 a 0,39 a 25°C (Tabela 5). Segundo Leong *et al.* (2011) e Gock *et al.* (2003), o valor da Aa considerado como limitante para a multiplicação de microrganismos em um alimento é 0,6. Todos os ensaios realizados com a ciriguela em pó apresentaram valores inferiores ao limitante, indicando estabilidade microbiológica do produto. Em alimentos secos a Aa é um índice importante, por medir a disponibilidade da água livre em um sistema alimentar, responsável pelas reações bioquímicas, que pode afetar significativamente a vida útil dos mesmos (QUEK *et al.*, 2007).

Valores semelhantes de Aa foram obtidos por Pedro *et al.* (2010), Papadakis *et al.* (2006) e Quek *et al.* (2007), em atomização de polpa de maracujá, suco de uva e suco de melancia, respectivamente.

Na Figura 2 podemos observar que a vazão mássica teve maior influencia que a temperatura sobre a Atividade de água. O aumento da vazão mássica acarretou um aumento da Atividade de água. Phisut (2012) explica que o aumento desta variável reduz o tempo de contato entre o produto e o ar, tornando menor a eficiência do processo de transferência de calor.

Em relação à temperatura de secagem, constatamos através da Figura 2 que o aumento desta variável produziu pós com menores valores de Aa, temperaturas elevadas resultam em maior taxa de transferência de calor para as partículas, resultando em maior evaporação da água dos produtos, o mesmo foi observado por Phisut (2012) e Ferrari *et al.* (2012).

Figura 2. Superfície de resposta da atividade de água em função da temperatura (°C) e da vazão mássica (L/h) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.



5.3.2.3 Cor (L^* , a^* e b^*)

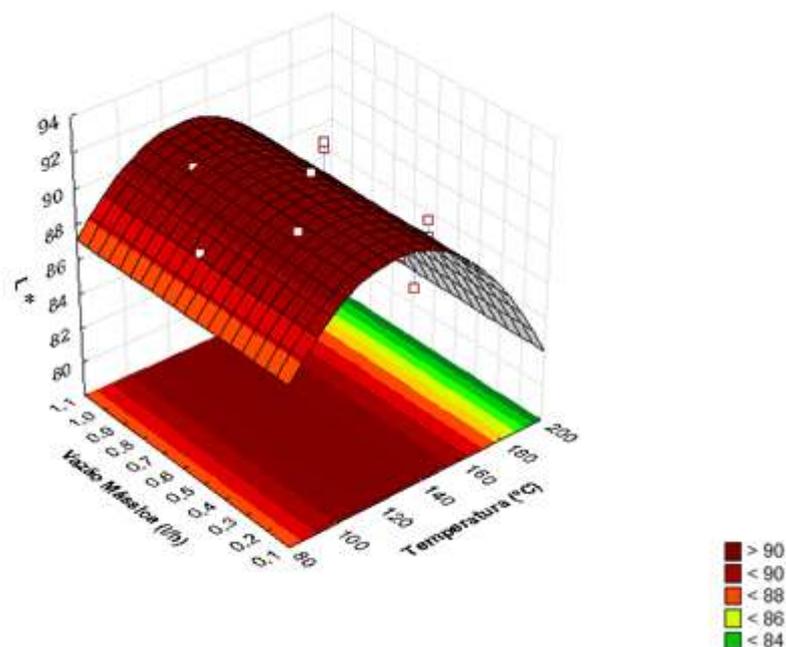
Segundo Quek *et al.* (2007) a medição de cor é um importante indicador de qualidade, uma vez que reflete a atratividade sensorial dos pós produzidos no processo de secagem por atomização.

5.3.2.3.1 Luminosidade (L^*)

Os valores de luminosidade (L^*) obtidos para a ciriguela em pó variaram entre 82,26 a 91,69 (Tabela 5). Estes valores foram superiores aos obtidos na polpa de ciriguela ($L^*= 62,21$) demonstrando um clareamento na tonalidade amarelo-avermelhado característico da fruta. Segundo Ferrari *et al.* (2012), Tonon *et al.* (2009) e Kha *et al.* (2010), o aumento da luminosidade no pó é esperado com a adição da maltodextrina, uma vez que a mesma apresenta cor branca, e desse modo, “dilui” os pigmentos presentes nas frutas.

A Figura 3 mostra a superfície de resposta obtida para a coordenada L^* . De acordo com esta figura, os valores maiores de L^* foram obtidos entre 100 e 150°C, tendo um pico entre 120 e 140°C, demonstrado pela concavidade voltada para baixo, bem como pelo coeficiente de regressão do termo quadrático negativo (Tabela 6). Elevadas temperaturas implicam em maior retirada de água, reduzindo a umidade e Aa dos pós, conseqüentemente resultando em produtos menos aglomerados e mais luminosos.

Figura 3. Superfície de resposta para a coordenada L^* em função da vazão mássica (L/h) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.



5.3.2.3.2 Intensidade de vermelho (a^*)

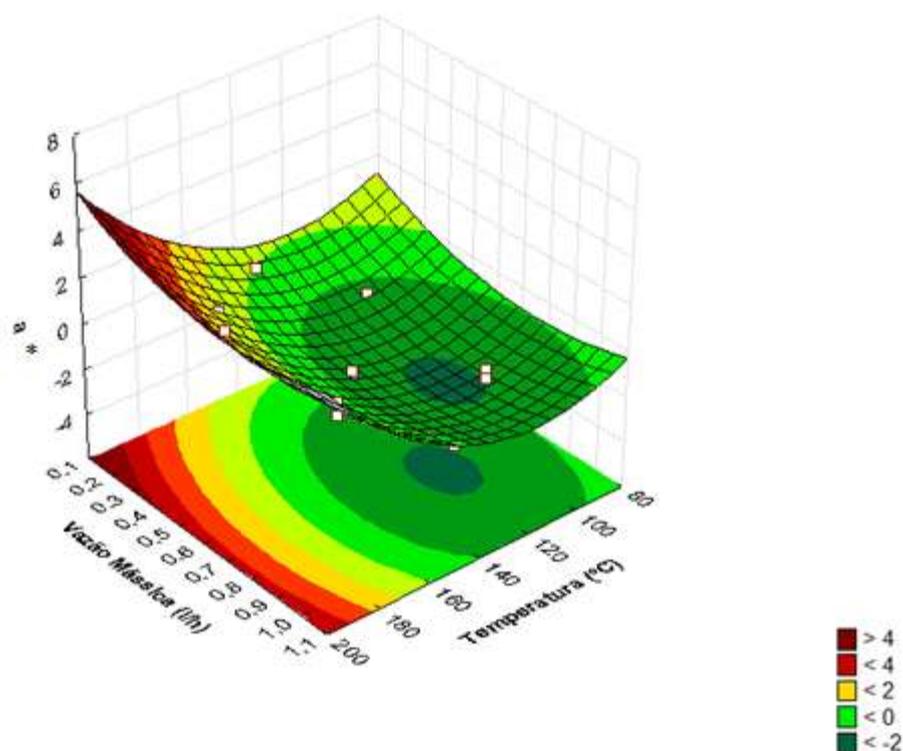
Conforme Tabela 5, os valores da coordenada a^* para o pó de ciriguela variaram entre -1,92 a 2,70. Ao comparar estes resultados com o obtido na polpa ($a^* = 1,65$), evidencia-se que em alguns ensaios houve manutenção da tonalidade vermelha.

O aumento da temperatura resultou na produção de pós com maiores valores de a^* (Figura 4). Além da rápida secagem ocasionada por temperaturas mais elevadas, segundo Phisut (2012), um aumento na temperatura do ar de entrada, muitas vezes resulta na rápida formação de uma camada seca sobre a superfície das gotículas. Tal fato resulta em uma proteção do núcleo, compreendendo os compostos bioativos que atribuem coloração amarelo alaranjada ao produto.

Ainda na Figura 4, constatamos que a vazão mássica exerceu menor influência sobre a coordenada a^* quando comparada com a temperatura do ar de secagem. Menores valores de vazão mássica resultaram em pós com maiores valores de a^* .

Quanto menor a vazão mais rápida é a secagem do material, assim, a exposição dos componentes do núcleo às temperaturas utilizadas durante a secagem é reduzida e consequentemente há menor degradação dos compostos (PHISUT, 2012).

Figura 4. Superfície de resposta para a coordenada a^* em função da vazão mássica (L/h) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.



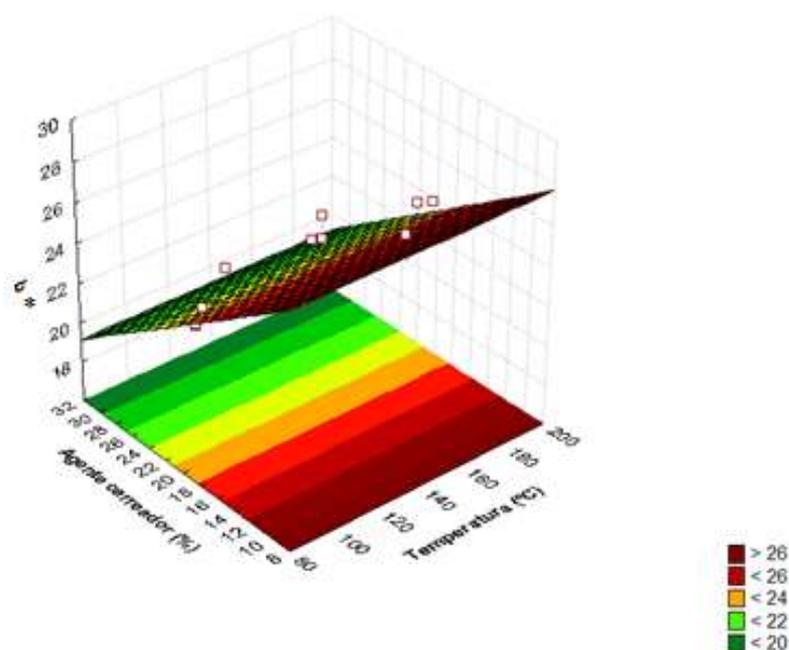
5.3.2.3.3 Intensidade de amarelo (b^*)

A intensidade de cor amarela (b^*) obtida no pó de ciriguela variou entre 20,15 a 27,79 (Tabela 5). Comparando os resultados obtidos no pó em relação à polpa ($b^*=44,21$) evidencia-se que houve uma redução significativa na intensidade de amarelo (b^*). Jittanit *et al.* (2010) e Quek *et al.* (2007) observaram também esta redução na otimização de suco de abacaxi e melancia, respectivamente.

De acordo com o coeficiente de regressão verifica-se que a concentração do agente carreador foi à única variável que teve influencia sobre a coordenada b^* (Tabela 6). Este comportamento pode ser constatado pela Figura 5, valores maiores de b^* foram

obtidos com menores concentrações de agente carreador. Ferrari *et al.* (2012) e Tonon *et al.* (2009), também evidenciaram o efeito negativo da concentração de maltodextrina sobre a coordenada b^* em pesquisa de atomização de suco de amora preta e açaí, respectivamente, e atribuíram esta redução à adição de maltodextrina que possui coloração branca e age como um “diluyente” dos pigmentos nos pós.

Figura 5. Superfície de resposta para a coordenada b^* em função do agente carreador (%) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.



5.3.2.4 Higroscopicidade

A higroscopicidade do pó de ciriguela variou entre 16,16 a 21,39 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (Tabela 5). Valores semelhantes foram obtidos por Fernandes *et al.* (2013) em microencapsulação de óleo de alecrim. Nenhuma variável independente teve influência sobre a higroscopicidade conforme evidenciado na Tabela 6. A Figura 6 apresenta o pó de ciriguela antes e após ser submetido à análise de higroscopicidade. No tempo = 0 dia (Figura 6.A) observa-se que o pó apresenta coloração mais clara devido a baixa umidade e grânulos soltos, bastante diferente das características apresentadas no pó ao

final do tempo = 7 dias (Figura 6.B) com coloração mais escura devido a maior umidade, pegajosidade e aglomeração.

Figura 6. Mudanças nas características físicas do pó de ciriguela mantido a 25°C e 75,29% de umidade relativa (UR). (a) tempo = 0 dia; (b) tempo = 7 dias.



Fonte: MORAIS, Bárbara (2014)

5.3.2.5 Retenção de Carotenóides

De acordo com a Tabela 5, a retenção de carotenóides obtido no produto final variou entre 14,90 a 33,43%. Na Figura 7, verificamos que vazões mássicas menores proporcionaram maior retenção de carotenóides. Quanto menor a vazão mais rápida é a secagem do material, desta forma, a exposição dos componentes do núcleo às temperaturas utilizadas durante a secagem é reduzida e conseqüentemente há menor degradação dos compostos (PHISUT, 2012). Como visto anteriormente esta diminuição da vazão produziu pós de ciriguela com maiores valores de a^* , ou seja, pós com maior intensidade de vermelho que é uma das colorações característica dos carotenóides.

Ainda na Figura 7 verificamos que menores temperaturas contribuíram para a maior retenção de carotenóides. Os carotenóides são compostos sensíveis a diversos fatores, entre eles, altas temperaturas, assim, menores temperaturas causam menor degradação destes compostos (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008).

Na Figura 8 constatamos que a interação entre o agente carreador e a temperatura foi significativa sobre a retenção de carotenóides. A combinação de entre os maiores percentuais de agente carreador e as menores temperatura, ou vice-versa, utilizadas no planejamento experimental, resultaram em maiores percentuais de retenção de carotenóides. Tal fato, pode ser observado nos ensaios 2 e 5.

Figura 7. Superfície de resposta de retenção dos carotenóides em função da temperatura (°C) e vazão mássica (L/h) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.

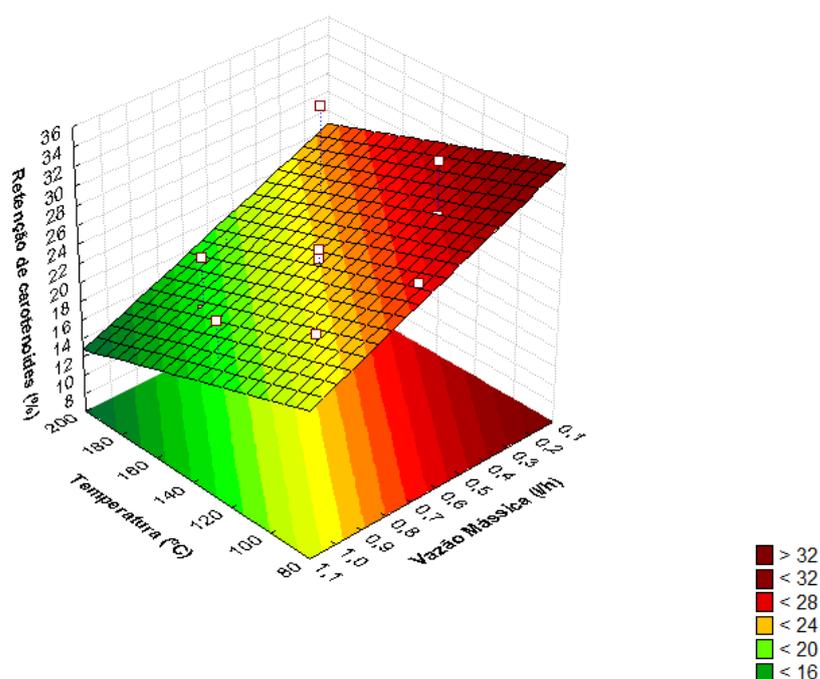
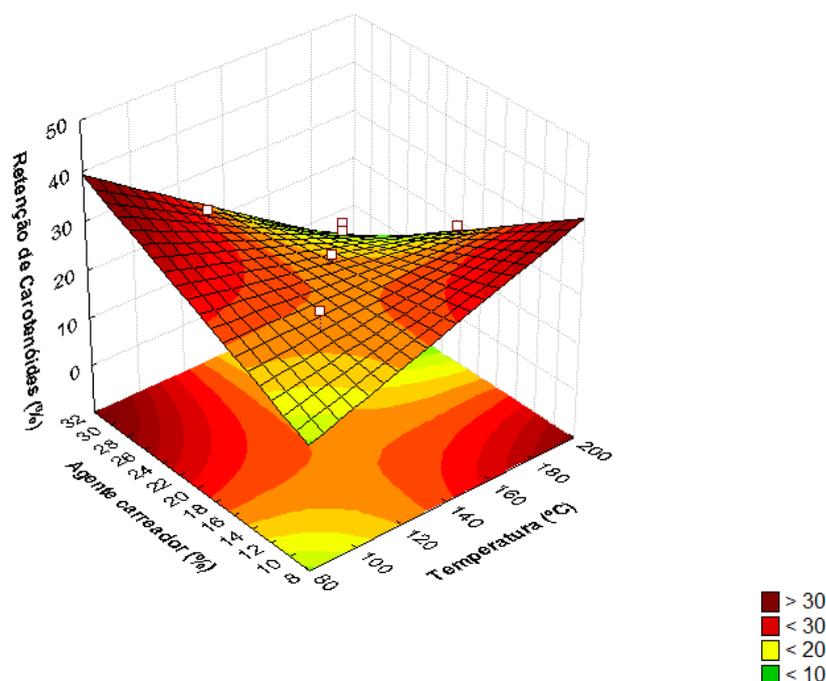


Figura 8. Superfície de resposta de retenção dos carotenóides em função da temperatura (°C) e Agente Carreador (%) para secagem da polpa de ciriguela por atomização.



5.3.3 Seleção das Melhores Condições de Secagem

O principal critério utilizado na seleção das melhores condições de secagem foi à retenção de carotenóides na ciriguela em pó. Desta forma, evidencia-se que as partículas com maior retenção de carotenóides foram produzidas nos ensaios 2 e 5.

Avaliando as demais respostas para estes ensaios, constata-se que os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* apresentaram boa luminosidade e maior retenção das cores vermelha e amarela, características da fruta *in natura*; a umidade e atividade de água apresentaram resultados inferiores aos valores limitantes desejáveis para um pó obtido por atomização. Os valores de higroscopicidade estão entre os menores valores obtidos no planejamento experimental.

A partir destas considerações, foram selecionadas como as melhores condições de secagem para continuação da pesquisa o ensaio 2 (170°C, 0,36 L/h e 14%) (Condição A) e ensaio 5 com (110°C, 0,36 L/h e 26%) (Condição B).

5.4 CONCLUSÃO

A temperatura de secagem exerceu influência significativa sobre a maioria das respostas estudadas, seu aumento resultou em pós com menor umidade, Aa, luminosidade e maior intensidade de vermelho. No entanto, a vazão mássica apresentou efeito oposto, para todas as variáveis citadas anteriormente, além de seu aumento resultar em menor retenção de carotenóides. A concentração do agente carreador influenciou apenas a intensidade de amarelo, maiores intensidades foram obtidas utilizando maiores concentrações do agente carreador. Os valores de F calculado foram superiores ao tabelado para todas as variáveis, exceto para a higroscopicidade, indicando que os modelos mostraram regressão significativa ao nível de 95% de confiança, e falta de ajuste não significativa ($p \geq 0,05$). Com base nas melhores retenções de carotenóides, as melhores condições de secagem escolhidas para dar continuidade à pesquisa: temperatura de 170°C e 110°C, vazão mássica de 0,36 l/h para ambas e 14 e 26% de agente carreador, respectivamente.

5.5 REFERÊNCIAS

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TROUNG, V. Characterization of the surface stickiness of fructose-maltodextrin solutions during drying. **Drying Technology**. Vol. 21, p. 17-34, 2003.

AHMED, M.; AKTER, M. S.; LEE, J.; EUN, J.; Encapsulation by *spray drying* of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. **Food Science and Technology**. Vol. 43, p. 1307 - 1312, 2010.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUZA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G.; Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**. Vol. 44, p. 2155–2159, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18a ed., Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2006.

BERMÚDEZ-SOTO, M. J.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices. **European Food Research and Technology**. Vol. 219, p. 133–141, 2004.

BHANDARI, B.R.; SENOUSSE, A.; DUMOULIN, E.D.; LEBERT, A. *Spray drying* of concentrated fruit juices. **Drying Technology**. Vol.11, p.1081-1092, 1993.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T.; Problems associated with *spray drying* of sugar-rich foods. **Drying Technology**. Vol. 15, p.671 – 684, 1997.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de dezembro de 2003.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of *spray-dried Amaranthus* Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**. Vol. 65, p. 1248-1252, 2000.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J.; Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by *spray drying* and its

functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. Vol. 6, p. 420 – 428, 2005.

CHEGINI; G. R.; GHOBADIAN, B.; *Spray dryer* parameters for fruit juice drying. **World Journal of Agricultural Sciences**. Vol. 3, p. 230-236, 2007.

CHIK, C. T.; ABDULLAH, A.; ABDULLAH, N.; MUSTAPHA, W. A. W.; The effect of maltodextrin and additive added towards pitaya juice powder total phenolic content and antioxidant activity. 2011 **International Conference on Food Engineering and Biotechnology**. Vol.9, p. 224 – 228, 2011.

DESOBRY, S. A.; NETTO, F. M.; LABUZA, T. P.; Comparison of *spray-drying*, drum-drying and freeze-drying for β -carotene encapsulation and preservation. **Journal of Food Science**. Vol. 62, p. 1158 – 1162, 1997.

FERNANDES, R. V. B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A.; Influence of *spray drying* operating conditions on microencapsulated rosemary essential oil properties. **Food Science and Technology (Campinas)**. Vol. 33, p. 171-178, 2013.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M.; *Spray drying* of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal Food Technology**. Vol.15, p.157-165, 2012.

FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; MOURA, C.F.H.; OLIVEIRA, A. C. O.; ARAÚJO, N. C. C.; Calidad de frutas nativas de latinoamerica para indústria: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture** Vol. 43, p. 68-71, 2001.

FRASCARELI, E. C.; SILVA, V. M.; TONON, R. V.; HUBINGER, M.D.; Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by *spray drying*. **Food and bioproducts processing**. Vol. 90, p. 413–424, 2012.

FREIRE, E. C. B. S.; SILVA, F. V. G.; SANTOS, A. F.; MEDEIROS, I. F.; Avaliação da qualidade de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) em diferentes estádios de maturação. **Revista Verde**. Vol.6, p. 27 – 40, 2011.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R.; Applications of *spray-drying* in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**. Vol. 40, 2007, p. 1107–1121.

GOCK, M. A.; HOCKING, A. D.; PITT, J. I.; POULOS, P. G.; Influence of temperature, water activity and pH on growth of some xerophilic fungi. **International Journal of Food Microbiology**. Vol. 2481, p. 11 – 19, 2003.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G.; A new technique for *spray drying* orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Vol. 11, p. 342 – 351, 2010.

GRABOWSKI, J. A.; TRUONG, V. D.; DAUBERT, C. R.; *Spray-drying* of amylase hydrolyzed sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. **Journal of Food Science**. Vol. 71, p. 209 – 217, 2006.

GROSS, J.; IKAN, R.; ECKHARDT, G. Carotenoids of the fruit of *averrhoa carambola*. *Phytochemistry*. Vol. 22, p.1479-1481, 1987.

JAKUBCZYK, E.; OSTROWSKA-LIGEZA, E.; GONDEK, E.; Moisture sorption characteristics and glass transition temperature of apple puree powder. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 45, p. 2515–2523, 2010.

JITTANIT, W.; NITI-ATT, S.; TECHANUNTACHAIKUL, O.; Study of *spray drying* of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. *Chiang Mai Journal Science*. Vol. 37, 2010, p. 498-506.

KANDANSAMY, K.; SOMASUNDARAM, P. D.; Microencapsulation of colors by *spray drying* – A review. *International Journal of Food Engineering*. Vol. 8, p. 1-15, 2012.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of *spray drying* conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**. Vol. 98, p. 385-392, 2010.

KOHATSU, D. S.; ZUCARELI, V.; BRAMBILLA, W. P.; EVANGELISTA, R. M.; ONO, E. O.; SILVA, T. R. B.; Storage temperature and quality of red mombin fruits

(*Spondias purpurea* L.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**. Vol.9, p.20-22, 2011.

KOZIOL, M. J.; MACÍA, M. J. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects os *Spondias purpurea* (Anarcadiaceae). **Economic Botany**. Vol. 52, p.373 – 380, 1998.

KRINSKY, N. I.; JOHNSON, E. J.; Carotenoid actions and their relation to health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**. Vol. 26, p. 459–516, 2005.

KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A.; HPLC-DAD-MSn characterisation of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Food Chemistry**. Vol. 110, p. 522–530, 2008.

LEONG, S. L.; PETTERSSON, O. V.; RICE, T.; HOCKING, A. D.; SCHNÜRER, J.; The extreme xerophilic mould *xeromyces bisporus* — growth and competition at various water activities. **International Journal of Food Microbiology**. Vol. 145, p. 57–63, 2011.

LIRA JÚNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, L. E.; MOURA, R. J. M.; Produção e características físico-químicas de clones de ciriguela na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Vol. 5, p.43-48, 2010.

LÓPEZ, A.P.; VELOZ, C.S.; GALARZA, M.L.A.; LÚA, A.M. Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de ciruela mexicana (*Spondias Purpurea* L.). **Revista Fitotecnia Mexicana**. Vol. 27, p.133-139, 2004.

MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**. Vol. 27, p. 1254-1255, 1992.

MERTZ, C.; GANCEL, A.; GUNATA, Z.; ALTER, P.; DHUIQUE-MAYER, C.; VAILLANT, F.; PEREZ, A. M.; RUALES, J.; BRAT, P.; Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 22, p. 381–387, 2009.

NISHINO, H.; MURAKOSHI, M.; TOKUDA, H.; SATOMI, Y.; Cancer prevention by carotenoids. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. Vol. 483, p. 165-168, 2009.

OSORIO, C.; FORERO, D. P.; CARRIAZO, J. G.; Characterisation and performance assessment of guava (*Psidium guajava* L.) microencapsulates obtained by *spray-drying*. **Food Research International**. Vol. 44 1174–1181, 2011.

PAPADAKIS, S. E.; GARDELI, C.; TZIA, C.; *Spray drying* of raisin juice concentrate. **Drying Technology**. Vol. 24, p. 173 – 180, 2006.

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N.; Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Food Science and Technology (Campinas)**. Vol. 30, p. 993-1000, 2010.

PHISUT, N.; *Spray drying* technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**. Vol. 19, p. 1297-1306, 2012.

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

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI Press: Washington, p.64, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H.T.; AMAYA-FARFAN, J.; Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 21, p. 445–463, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. **Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 23, p. 726–740, 2010.

SOUZA, A. S.; BORGES, S. V.; MAGALHÃES, N. F.; RICARDO, H. V.; CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; Influence of *spray drying* conditions on the physical properties of dried pulp tomato. **Food Science and Technology (Campinas)**. Vol. 29, p. 291-294, 2009.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TACO)/ NEPA – UNICAMP. Campinas.161 p, 4° ed., 2011.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D.; Influence of drying air temperature and carrier agent concentration on the physicochemical properties of açai juice powder. **Food Science and Technology (Campinas)**. Vol.29, p.444-450, 2009.

TONON, R. V.; FREITAS, S. S.; HUBINGER, M. D.; *Spray drying of açai (Euterpe oleraceae Mart.) juice: effect of inlet air temperature and type of carrier agent.* **Journal of Food Processing and Preservation**. Vol. 35, p. 691–700, 2011.

VAN DEN BERG, H.; FAULKS, H.; GRANADO, H. F.; HIRSCHBERG, J.; OLMEDILLA, B.; SANDMANN, G.; SOUTHON, S.; STAHL, W. L; CLIFFORD, Mn.; The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Vol.80, p.880-912, 2000.

6. ARTIGO 2 - AVALIAÇÃO SENSORIAL, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DA CIRIGUELA EM PÓ

RESUMO

O Brasil possui uma diversidade de frutas tropicais, principalmente a região nordeste, onde encontra-se a ciriguela (*Spondias purpurea* L.) com sabor e aroma exóticos, sendo bastante apreciada pelos consumidores. No entanto, o período de safra limita seu consumo à época de oferta, e sua alta perecibilidade restringe sua comercialização por longos períodos e grandes distâncias. O processamento da polpa de ciriguela utilizando a secagem por atomização representa uma possibilidade de conservação com boa qualidade físico-química e sensorial. Este trabalho teve por objetivo avaliar as características de qualidade microbiológica, sensorial, físico-química e potencial antioxidante dos pós de ciriguela obtidos nas melhores condições de secagem (Condição A: temperatura de 110°C, vazão de 0,36 L/h e 26% de agente carreador) e (Condição B: 110°C, 0,36 L/h e 26%), respectivamente. Portanto, foi realizado um teste afetivo com 73 julgadores não treinados, de ambos os sexos, que avaliaram o produto em relação aos atributos de qualidade, utilizando uma escala hedônica estruturada de sete pontos. A intenção de compra foi avaliada através de uma escala hedônica estruturada de cinco pontos. O teste de preferência foi realizado por comparação múltipla com o néctar padrão. O néctar de ciriguela em pó obtido através da condição B apresentou maiores médias para os testes de aceitação, preferência e intenção de compra quando comparado com a Condição A, e portanto, foi a condição escolhida para continuação da pesquisa. Além de determinar a composição química do pó na Condição B, o mesmo foi caracterizado em relação à densidade aparente e absoluta, porosidade, solubilidade, distribuição do tamanho de partículas, morfologia e atividade antioxidante. A densidade aparente e absoluta apresentaram valores de 0,61g/mL e 1,26g/mL e a porosidade e solubilidade foi de 51,90% e 79,66%, respectivamente. A morfologia das partículas apresentou uma tendência ao formato esférico, algumas com superfície lisa, porém a maioria apresentando superfície levemente rugosa e em forma de aglomerados. O diâmetro médio das partículas foi de $12,52 \pm 7,15\mu\text{m}$, considerado pequeno em relação a outros pós de frutas. A ciriguela em pó apresentou teor significativo de fenólicos totais e atividade antioxidante relativamente fraca na captura do radical DPPH, porém boa capacidade de captura do radical ABTS. Os resultados obtidos na caracterização da ciriguela em pó estão de acordo com a maioria dos pós de frutas atomizados. Desta forma, percebe-se que a ciriguela atomizada possui expressivo espaço para desenvolvimento no mercado local, nacional e até mesmo internacional, seja reconstituída para consumo imediato ou utilizada como ingrediente em bebidas lácteas, sorvetes, bolos, entre outros.

Palavras-chave: *Spondia purpurea* L., atomização, aceitação, qualidade sensorial, microscopia eletrônica.

ABSTRACT

Brazil has a variety of tropical fruits, mainly northeast region, where is the red mombin fruit (*Spondias purpurea* L.) with flavor and exotic aroma, is highly appreciated by consumers. However, the harvest period limits its consumption at the time of offer, and its high perishability restricts its marketing for long periods and large distances. The processing of the red mombin fruit pulp through *spray drying* is a possibility of conservation with good physico-chemical and sensory quality. This study aimed to evaluate the characteristics of microbiological quality, sensory, physicochemical and antioxidant potential of red mombin fruit powders obtained in the best drying conditions (Condition A: temperature 110 ° C, flow rate of 0.36 L / h and 26% of maltodextrin) and (Condition B: 110 ° C, 0.36 L / h, 26%), respectively. Therefore, an affective test with 73 judges, of both sexes, who evaluated the product in relation to quality attributes, using a hedonic scale of seven points was performed. Purchase intent was assessed using a hedonic scale of five points. The nectar of red mombin fruit powder obtained through the condition B had higher averages for acceptance testing, preference and purchase intent when compared with condition A, and therefore the condition was chosen for further research. In addition to determining the chemical composition of the dust in Condition B the same was characterized with respect to density, porosity, solubility, particle size distribution, morphology and antioxidant activity. The absolute and apparent density had values of 0.61 g/ml and 1.26 g/ml and the porosity and solubility was 51.90% and 79.66%, respectively. The morphology of the particles tended to spherical shape, some with smooth surface, but the majority presenting slightly rough surface and form clusters. The average particle diameter was $12.52 \pm 7.15\mu\text{m}$, considered small compared to other fruit powders. The red mombin powder showed significant total phenolic content and antioxidant activity relatively weak in capturing the DPPH radical, but good ability to capture the ABTS radical. The results obtained in the characterization of red mombin fruit powder are in accordance with most fruit atomized powders. The atomization is presented as a good option to enjoy the overproduction of red mombin fruit, make the product accessible during the period between harvest and mainly diversify the consumption of this fruit.

Key Words: *Spondia purpurea* L, atomization, acceptance, sensory quality, electron microscopy.

6.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a produção de frutas em pó tem se tornado uma alternativa frequentemente utilizada na preservação deste tipo de alimento. Algumas vantagens do método são o aumento da vida útil, obtenção de produtos estáveis e ingredientes naturais para serem utilizados no processamento de outros produtos alimentícios, em virtude principalmente de sua facilidade de utilização, armazenamento e transporte (AFOAKWAH *et al.*, 2012; PHISUT, 2012).

O desenvolvimento de um novo produto requer o cumprimento de requisitos necessários para satisfação das necessidades e expectativas dos consumidores. Diversos fatores exercem influência, como as propriedades físicas, composição química, características nutricionais, estabilidade microbiológica e a aceitação sensorial (PERI, 2006; COSTELL, 2002).

A qualidade sensorial é uma das mais relevantes e complexas de se definir, porque além de relacionar as propriedades e as características alimentares, é o resultado da interação entre o alimento e o consumidor (STONE *et al.*, 2012; COSTELL, 2002). A importância da avaliação sensorial para o desenvolvimento de produtos tem sido relatada extensivamente nos últimos anos (IMM; LEE e LEE, 2011; ETAIO *et al.*, 2010).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as características de qualidade microbiológica, sensorial, físico-química e potencial antioxidante dos pós de ciriguela obtidos nas melhores condições de secagem (A: temperatura de 110°C, vazão de 0,36 L/h e 26% de agente carreador) e (B: 110°C, 0,36 L/h e 26%), respectivamente.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 MATERIAL

6.2.1.1 Matéria-prima

Os frutos de ciriguela (*Spondia purpurea L.*) foram adquiridos na Central de Abastecimento de Pernambuco (CEASA/PE) instalada no Km 70 da Rodovia BR 101 Sul. Para obtenção da polpa de ciriguela, foram selecionados os frutos com coloração amarelo-alaranjada e média de 15,6 °Brix de sólidos solúveis, que em seguida foram lavados em água corrente, sanitizados com água clorada (50 ppm de cloro ativo), despulpados em despulpadeira semi-industrial em aço inox (Bonina Compacta - Itabauna/BA). A polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade 20x30 cm e armazenada a -18 °C até ser descongelada, de acordo com as quantidades necessárias para cada ensaio.

6.2.1.2 Agente carreador

O agente carreador utilizado foi a maltodextrina com dextrose equivalente (DE) 10 *MOR-REX® 1910*, da Corn Products (Mogi-Guaçu, Brasil).

6.2.2 Método

6.2.2.1 Obtenção da Ciriguela Atomizada

A polpa de ciriguela foi descongelada e homogeneizada em liquidificador de uso doméstico, seguida de filtração simples em peneira ano inox (1,2 mm de abertura), com a finalidade de eliminar sólidos em suspensão. Em seguida, a polpa foi pesada em balança semi-analítica (Shimadzu) e com base neste peso, foi adicionada 50% de água destilada de modo a facilitar a passagem pelo bico atomizador. Por fim, o agente carreador em concentrações pré-determinadas foi adicionado ao filtrado, esta mistura foi mantida sob agitação, até a completa dissolução em um misturador (modelo TE 102 - Tecnal, Brasil)

A secagem foi realizada para os dois ensaios que apresentaram melhores resultados de retenção de carotenóides, selecionados de acordo com os dados do planejamento experimental 2^3 completo (Artigo 1). Assim, a secagem foi realizada para as seguintes condições de secagem: Condição A (Temperatura 170°C, vazão de 0,36 L/h e agente carreador 14%) e Condição B (Temperatura 110°C, vazão de 0,36 L/h e agente carreador 26%).

A secagem foi realizada em um secador laboratorial com sistema de atomização em bicos – Mini-Spray-Dryer LM modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA), com características operacionais: vazão de líquido de 0,2 – 1,0 L/h, bico injetor de 1,2mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³/h e pressão do ar de 0,6 bar.

Após a atomização os pós foram pesados, armazenados em potes de vidro que foram hermeticamente fechados (250 mL), protegidos da incidência de luz e em ambiente seco contendo sílica gel como agente dessecante a temperatura de 22±2°C, até conclusão das análises.

6.2.2.2 Análise Microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia dos Alimentos do Departamento de Tecnologia Rural (DTR) / Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Foram investigados os seguintes microrganismos indicadores de condições higiênico-sanitárias: Coliformes a 35°C/g (Coliformes Totais e E. coli), Contagem de Aeróbios a 35°C/g, Bolores e Leveduras a 25°C/g (BRASIL, 2001).

6.2.2.2.1 Preparo das Amostras e Incubação

O preparo das amostras, inoculação, incubação e leitura foram realizadas conforme Guia do fornecedor de placas Petrifilm™ 3M do Brasil LTDA.

6.2.3 Avaliação Sensorial do Néctar de Ciriguela

6.2.3.1 Preparo do Néctar de Ciriguela

O preparo do néctar obtido da polpa de ciriguela *in natura* foi realizado de acordo com a IN n° 12 de 04 de Setembro de 2003 – MAPA (BRASIL, 2003) que estabelece Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Sucos Tropicais. A este néctar foi atribuído à denominação de Padrão, preparado diluindo-se a polpa de ciriguela na proporção de 20% de polpa em 1L de água mineral. De modo a equalizar as amostras durante a avaliação, o preparo dos néctares obtidos a partir do pó de ciriguela baseou-se na equivalência em °Brix do néctar Padrão (10°Brix). Os néctares foram preparados diluindo-se 27,5g de pó em 1L de água mineral, para as Condições A e B. Todos os néctares foram adoçados com 9% de sacarose, envasados em garrafas de polietileno tereftalato (PET), preparados com 1 hora de antecedência e mantidos a $6 \pm 2^\circ\text{C}$ antes da avaliação sensorial.

6.2.3.2 Análise Sensorial

Para a realização da análise sensorial foram convidados a participarem os discentes, docentes e funcionários da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/*Campus* de Dois Irmãos). Inicialmente, foi entregue um questionário de recrutamento, contendo questões sobre o gênero, escolaridade, faixa etária, intensidade do grau de gostar de néctar de ciriguela e a frequência de consumo (Figura 1).

Figura 1. Ficha de avaliação sensorial: Identificação e Questionário.

	
Análise Sensorial de NÉCTAR DE CIRIGUELA RECONSTITUÍDO	
<p>O mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRPE está realizando um estudo sobre a aceitação de néctar de ciriguela reconstituído. Se você deseja participar desse estudo, por favor, preencha este formulário.</p>	
<p>Nome: _____ Data: __/__/__ Gênero: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M</p>	
<p>Escolaridade: <input type="checkbox"/> nível fundamental <input type="checkbox"/> nível médio <input type="checkbox"/> nível superior <input type="checkbox"/> pós-graduação</p>	
<p>Idade: <input type="checkbox"/> 18 – 25 <input type="checkbox"/> 26 – 35 <input type="checkbox"/> 36 – 45 <input type="checkbox"/> 46-50 <input type="checkbox"/> acima de 50</p>	
<p>Estamos realizando um teste com NECTAR DE CIRIGUELA RECONSTITUÍDO e gostaríamos de conhecer a opinião dos consumidores. Caso você concorde em participar deste teste e não tenha alergia e/ou outros problemas de saúde relacionados à ingestão desse produto, por favor, preencha e assine a ficha abaixo:</p>	
<p>1. Selecione uma opção, marcando com um X o quanto você GOSTA de néctar de ciriguela:</p>	
<p><input type="checkbox"/> Gosto muitíssimo</p>	
<p><input type="checkbox"/> Gosto muito</p>	
<p><input type="checkbox"/> Gosto moderadamente</p>	
<p><input type="checkbox"/> Gosto ligeiramente</p>	
<p>2. Indique a frequência com que você consome néctar de ciriguela:</p>	
<p><input type="checkbox"/> diariamente</p>	
<p><input type="checkbox"/> 2 a 3 vezes por semana</p>	
<p><input type="checkbox"/> 1 vez por semana</p>	
<p><input type="checkbox"/> quinzenalmente</p>	
<p><input type="checkbox"/> 1 vez ao mês</p>	
<p><input type="checkbox"/> menos de 1 vez ao mês</p>	

As formulações dos néctares foram submetidas aos testes de aceitação, intenção de compra e preferência. Os testes foram realizados em cabines individuais e climatizadas, as amostras foram servidas a 73 julgadores, em copos brancos descartáveis (50mL), codificados com números de três dígitos aleatórios contendo aproximadamente 30mL de néctar com temperatura em torno de 6°C. Foi disponibilizada água à temperatura ambiente e bolacha de água, para a limpeza do palato entre amostras.

6.2.3.2.1 Teste de Aceitação e Intenção de Compra

O teste de aceitação foi realizado utilizando-se uma escala hedônica estruturada de sete pontos, variando de “desgostei extremamente (1)” a “gostei extremamente (7)”, onde os provadores avaliaram os atributos sensoriais de aparência, sabor, aroma e cor. Foi calculado o Índice de Aceitabilidade (IA) para todos os atributos avaliados, sendo consideradas as notas obtidas ≥ 5 que representam na escala hedônica a variação de

“gostei ligeiramente” a “gostei extremamente” e o percentual calculado de acordo com a quantidade total de provadores. Já para o cálculo do IA Global, foi utilizada a média dos IA de cada atributo. Para ser considerado como aceito foi estipulado que o atributo tenha como IA no mínimo $\geq 70\%$.

A intenção de compra foi investigada empregando-se uma escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente eu não compraria (1)” a “certamente eu compraria (5)” (Figura 2). Para estes testes, as amostras foram apresentadas monadicamente, sob luz branca, seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados.

Figura 2. Ficha de avaliação sensorial: Teste de aceitação e Intenção de compra.

 																																									
Avaliação Sensorial de NÉCTAR RECONSTITUÍDO DE CIRIGUELA																																									
Nome: _____ Idade: _____ Data: _____																																									
Por favor, avalie a amostra de néctar de cinguela codificada e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou da amostra.																																									
Código da amostra: _____																																									
	<table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th>Aparência</th> <th>Sabor</th> <th>Aroma</th> <th>Cor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gostei extremamente</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Gostei moderadamente</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Gostei ligeiramente</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Não gostei, nem desgostei</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Desgostei ligeiramente</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Desgostei moderadamente</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>Desgostei extremamente</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table>		Aparência	Sabor	Aroma	Cor	Gostei extremamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gostei moderadamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gostei ligeiramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Não gostei, nem desgostei	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Desgostei ligeiramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Desgostei moderadamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Desgostei extremamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Aparência	Sabor	Aroma	Cor																																					
Gostei extremamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																					
Gostei moderadamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																					
Gostei ligeiramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																					
Não gostei, nem desgostei	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																					
Desgostei ligeiramente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																					
Desgostei moderadamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																					
Desgostei extremamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																					
Por favor, indique na escala abaixo se você compraria ou não compraria este produto. Marque com um X.																																									
<input type="radio"/> Certamente eu compraria <input type="radio"/> Provavelmente eu compraria <input type="radio"/> Talvez eu compraria / Talvez eu não compraria <input type="radio"/> Provavelmente eu não compraria <input type="radio"/> Certamente eu não compraria																																									
Comentários: _____																																									

6.2.3.2.2 Teste de Preferência

O teste de preferência por comparação múltipla foi realizado utilizando-se uma escala hedônica estruturada de sete pontos, variando de “extremamente menos preferido

que o padrão (1)” a “extremamente mais preferido que o padrão (7)”, onde os provadores avaliaram os atributos sensoriais de sabor e aroma para os dois néctares obtidos a partir do pó de ciriguela em relação ao padrão obtido da polpa de ciriguela *in natura* (Figura 3). As amostras foram apresentadas de uma só vez e sob luz vermelha para mascarar possíveis diferenças de coloração entre os néctares, seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados.

Figura 3. Ficha de avaliação sensorial: Teste de preferência.

			
Avaliação Sensorial de NÉCTAR RECONSTITUÍDO DE CIRIGUELA			
Nome: _____		Idade: _____ Data: _____	
<p>Você recebeu uma amostra padrão (identificada como P) e 2 amostras codificadas. Compare cada amostra com o padrão (se é MELHOR, IGUAL OU PIOR que o PADRÃO) em relação à sua preferência, avaliando o grau de preferência de acordo com a ESCALA abaixo.</p>			
<p>7. Extremamente MAIS PREFERIDO que o padrão 6. Regularmente MAIS PREFERIDO que o padrão 5. Ligeiramente MAIS PREFERIDO que o padrão 4. IGUAL ao padrão 3. Ligeiramente MENOS PREFERIDO que o padrão 2. Regularmente MENOS PREFERIDO que o padrão 1. Extremamente MENOS PREFERIDO que o padrão</p>			
Código da amostra	AROMA	SABOR	
_____	_____	_____	
_____	_____	_____	
Comentários: _____			

6.2.4 Aprovação do Comitê de Ética

Antes da realização dos testes sensoriais, o trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco (UPE), que aprovou a realização dos experimentos de acordo com o número de Registro CEP/UPE: 235/11 e Registro CAAE: 0236.0.097.000-11 (Anexo 1).

O termo de consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 2) foi afixado na porta de entrada do Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências

Domésticas (DCD) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), local de aplicação da avaliação sensorial e cada provador assinou uma Declaração de Participação Voluntária (Anexo 3).

6.2.5 Análises Físico-Químicas do Pó de Ciriguela

As análises físico-químicas do pó de ciriguela selecionado pela análise sensorial foram realizadas em triplicata de acordo com as metodologias descritas a seguir.

6.2.5.1 Composição Química

Umidade, determinada em balança infravermelho (MARTE - IDSO - Piracicaba/SP) a 105°C/45 min; Atividade de Água (Aa), através de analisador de atividade de água digital (AQUALAB 4TE - Pullman/USA), a 25°C; Acidez Titulável (AT) foi realizada por método titulométrico, os resultados foram expressos em g de ácido cítrico.100g⁻¹; pH, medida direta em pHmetro digital (TECNAL TEC-5 - Piracicaba/SP) a 25°C; Cinzas, Proteínas e Lipídeos, foram determinadas de acordo com o método AOAC (2006) e os resultados expressos em g.100g⁻¹; O teor de carboidratos foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de umidade, proteína, lipídeos e cinzas, o resultado foi expresso em g.100g⁻¹;

6.2.5.2 Caracterização

6.2.5.2.1 Densidade Aparente (ρ_a)

Realizada conforme procedimento descrito por Barbosa-Canovas *et al.*, (2005); Caparino *et al.*, (2012) com algumas modificações. Foram transferidas 2g de amostra para uma proveta graduada de 10 mL, compactou-se o pó batendo a proveta 50 vezes sobre a bancada.

A densidade foi calculada de acordo com a Equação (1) e o resultado expresso em g/mL:

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V}$$

[Equação 1]

Onde: m - é a massa da amostra (g); V - é o volume total que o pó ocupou na proveta (mL).

6.2.5.2.2 Densidade Absoluta (ρ_{abs})

Determinada a 25°C em um picnômetro com termômetro, de acordo com metodologia descrita por César *et al.* (2004).

6.2.5.2.3 Porosidade Intragranular (ϵ)

Calculada de acordo com a Equação (2):

$$\epsilon = \frac{1 - \rho_{ap}}{\rho_{abs}}$$

[Equação 2]

Onde: ρ_{ap} é a densidade aparente (g/mL) e ρ_{abs} é a densidade absoluta (g/mL) da amostra.

6.2.5.2.4 Solubilidade

Realizada de acordo com a metodologia descrita por Cano-Chauca *et al.* (2005). Diluindo-se 1 g da amostra em 100 mL de água destilada, seguida de agitação em agitador magnético Fisatom, modelo 752 (São Paulo/SP) durante 5 minutos e posterior centrifugação em centrífuga Cientec, modelo CT-6000R (Charqueada/SP) a 3000 rpm/5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi colocada em uma placa de Petri previamente pesada e levada para estufa com circulação e renovação de ar Marconi, modelo MA-035 (Piracicaba/SP) a 105°C por 5 h. Ao término do processo, a placa foi pesada em balança analítica e a solubilidade obtida através da diferença de peso.

6.2.5.2.5 Morfologia das Partículas

O estudo da morfologia das partículas foi realizado através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise (Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE). As amostras foram fixadas em porta espécimens metálicos (stubs) com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional, em seguida metalizadas com ouro em um metalizador Leica, modelo EM SCD500 (Wetzlar/Alemanha), a uma taxa de recobrimento de 15nm de espessura, por 80 segundos e corrente de 40 mA. E por fim, observadas em um microscópio eletrônico de varredura FEI, modelo Quanta 200 FEG (Holanda), operando com 20 kV. A aquisição das imagens foi realizada pelo software, XT microscop.

6.2.5.2.6 Distribuição do Tamanho de Partículas

A distribuição do tamanho das partículas foi determinada em um aparelho com difração a laser (Microtrac, modelo S3500), disponível no Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do CETENE (Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE), acoplado a um ultrassom comum de bancada para aumentar a dispersibilidade da amostra. O líquido sedimentador utilizado foi o isopropanol, visto que a solubilização das partículas não ocorre nesta substância. Uma pequena quantidade de amostra do pó de ciriguela foi dispersa em isopropanol e submetida a leituras de distribuição do tamanho de partículas. O diâmetro médio foi determinado com base no diâmetro médio de uma esfera de mesmo volume, para caracterizar partículas de pó.

6.2.6 Compostos Fenólicos

6.2.6.1 Obtenções dos Extratos

Foram pesados 5,0g de amostra e adicionados 20 mL de etanol 60% acidificado, mantido sob agitação permanente em agitador magnético Fisatom, modelo 752 (São

Paulo/SP) a 24°C por 20 minutos, em seguida centrifugada a 4000 rpm a 10 °C em centrífuga Cientec, modelo CT-6000R (Charqueada/SP) durante 10 minutos. O sobrenadante foi coletado e filtrado, e o precipitado ressuspensão no mesmo solvente e submetido ao mesmo processo acima descrito, por mais dois ciclos de extração, totalizando 90 minutos. Ao término do processo de extração, os sobrenadantes foram combinados e concentrados sob pressão reduzida a 40 °C e aferido para 25 ml. Todo o processo de extração foi repetido para os solventes metanol 60% e acetona 60%, ambos acidificados. Ao final foram obtidos isoladamente os extratos etanólico, metanólico e acetônico todos em triplicata.

6.2.6.2 Fenólicos Totais

A determinação do teor de fenólicos totais dos extratos foi efetuada, por método espectrofotométrico, utilizando o reagente Folin–Ciocalteus (Merck), segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999). O teor de fenólicos totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva padrão de ácido gálico (0 a 120 µg/ml) em comprimento de onda de 725 nm. O resultado foi expresso em mg/100g da amostra.

6.2.7 Determinação de Atividade Antioxidante

6.2.7.1 Capacidade de Sequestrar o Radical DPPH

A atividade antioxidante foi avaliada pela capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazina (DPPH•), descrito por Brand-Williams *et al.* (1995), modificado por Sánchez-Moreno *et al.*, (1998). O extrato acetônico da ciriguela, em diferentes concentrações, foram adicionados à solução DPPH (100µMol) em metanol e a absorbância a 517 nm foi monitorada, em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-

1650PC (Japão) até o tempo em que ocorreu o equilíbrio, ou seja, a reação atingiu o platô. A capacidade de sequestrar o radical DPPH• foi expressa em percentual, calculada em relação ao branco (sem antioxidante), de acordo com Equação (3):

$$\% \text{ sequestro} = (\text{Abs branco} - \text{Abs da amostra} / \text{Abs branco}) \times 100$$

[Equação 3]

A concentração do DPPH• remanescente (DPPH_R) no meio da reação foi calculada a partir da curva padrão do radical DPPH•, o percentual de DPPH• remanescente de cada concentração do extrato foi calculado utilizando a Equação (4):

$$\% \text{ DPPH}_R = (\text{DPPH}_F / \text{DPPH}_{t_0}) \times 100$$

[Equação 4]

Onde: DPPH_F: é concentração do radical DPPH no tempo em que a reação atingiu o platô;

DPPH_{t₀}: é concentração inicial do DPPH (tempo 0 da reação).

A atividade antioxidante também foi expressa em EC₅₀ (concentração do extrato eficiente para diminuir em 50% a concentração inicial do DPPH•) foi calculada a partir do gráfico da concentração da amostra (g da amostra/ g DPPH) versus DPPH_R%, cujo resultado foi expresso em g de fenólicos totais do extrato/ g de DPPH•.

6.2.7.2 Capacidade de Sequestro do Radical ABTS

A capacidade de sequestrar o radical 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico (ABTS•⁺) foi determinada segundo o método descrito por RE *et al.* (1999). O radical ABTS•⁺ foi gerado a partir da reação da solução aquosa de ABTS (7mMol) com solução aquosa de persulfato de potássio (140mMol), mantida ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 16h. Em seguida, a solução do radical foi diluída em etanol até obter uma medida de absorvância de 0,700 nm ± 0,05, em comprimento de onda de

734 nm. O extrato acetônico da ciriguela em diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionados à solução do ABTS^{•+} e a absorbância medida após 6 minutos em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-1650PC (Japão) a 734 nm. A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em capacidade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{Mol TEAC g}^{-1}$ de amostra).

6.2.8 Análise Estatística

As determinações foram realizadas em triplicata e as médias dos valores encontrados foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa computacional Statistica 6.0 (Statsoft, 1997) ao nível de 5% de significância.

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Análises Microbiológicas

Os resultados da análise microbiológica da ciriguela em pó de ciriguela para ambas formulações estão apresentados na Tabela 1. As formulações não apresentaram Coliformes a 45 °C e apresentaram baixos resultados para Coliformes a 35 °C, estando de acordo com a RDC 12/2001 – ANVISA (BRASIL, 2001). A quantificação de bactérias do grupo coliforme, cujo *habitat* principal é o trato intestinal de humanos e animais é utilizado como indicador de condições higiênico-sanitárias, ou seja, indicam possíveis falhas de boas práticas de fabricação ocorridas durante o processamento, armazenamento e até mesmo tratamento térmico insuficiente (ASHBOLT; GRABOW e SNOZZI, 2001), ocasionando menor durabilidade do produto e riscos a saúde dos consumidores.

As baixas contagens de bolores e leveduras indicam estabilidade do alimento ao armazenamento. De acordo com Franco e Landgraf (2008) a contaminação por bolor e levedura está relacionada, principalmente ao aumento do teor de umidade durante o armazenamento do produto. Entretanto, não representa risco a saúde humana, visto que o alimento contaminado pelo fungo é perceptível a olho nu, o que ocasiona o descarte do produto.

Tabela 1. Resultados das análises microbiológicas nos pós de ciriguela atomizado.

Análises	Condição A	Condição B
Coliformes a 35°C (NMP g ⁻¹) ¹	1	2
Coliformes a 45°C (NMP g ⁻¹) ¹	0	0
Contagem de Aeróbios (g 25g ⁻¹)	1	2
Bolores e Leveduras (UFCg ⁻¹) ²	3	2

1- NMP g⁻¹: Número mais provável por grama de amostra; 2 - UFC: Unidade Formadora de Colônias por grama de amostra; Condição A: 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador;

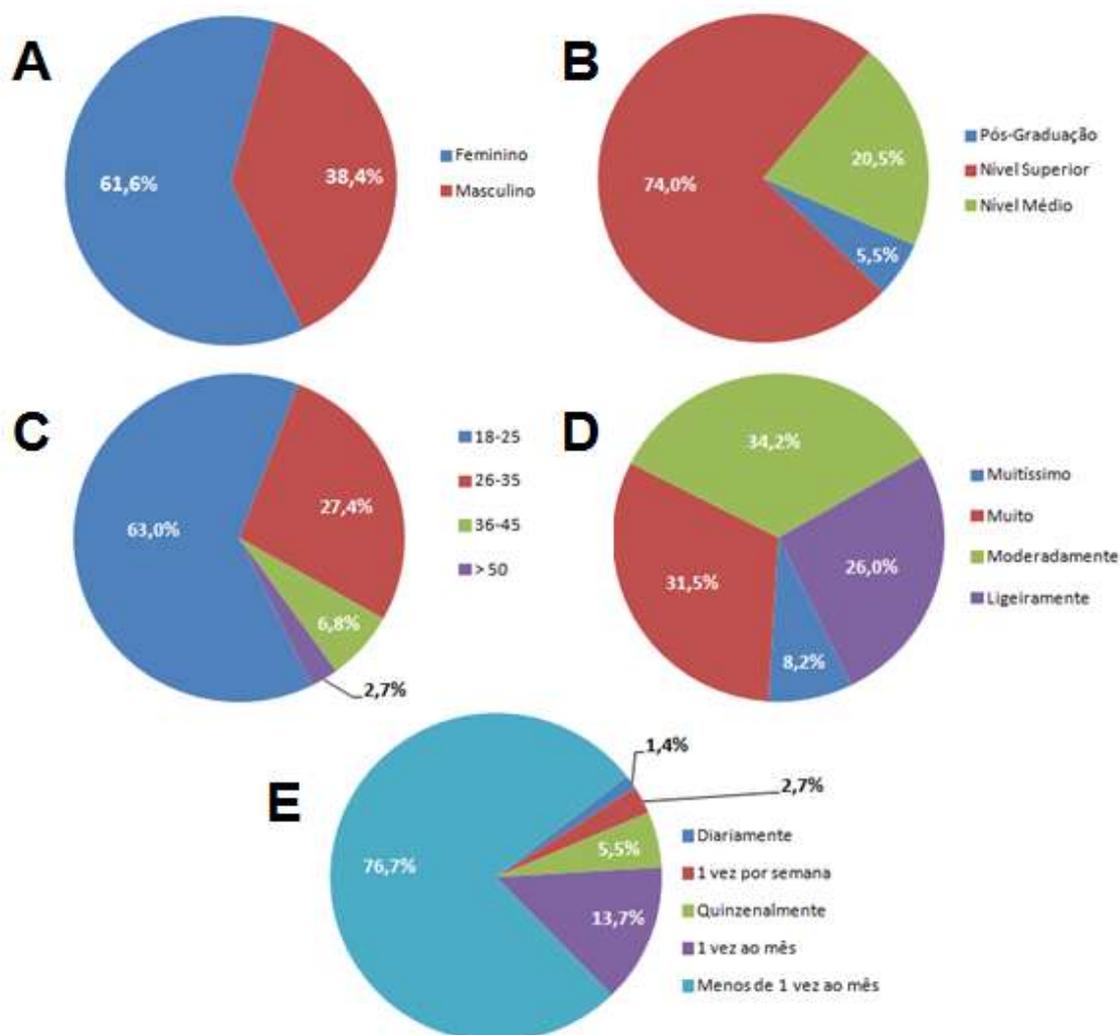
6.3.2 Análise Sensorial

6.3.2.1 Identificação e Questionário

Na distribuição dos provadores em relação ao gênero, o perfil feminino predominou, correspondendo a 61,6% do total de provadores (Figura 4A). Em relação ao grau de escolaridade (Figura 4B), a maioria foi constituída por provadores com nível superior completo, totalizando 74,0%, seguidos de 20,5% com nível médio e 5,5% pós-graduação concluída. A faixa etária predominante (Figura 4C) situou-se entre 18–25 anos com 63,0% do total, seguidos 27,4% com 26–35 anos, e assim como o nível de escolaridade, este resultado reflete o fato da avaliação sensorial ter sido realizado em uma universidade. 34,2% dos provadores demonstraram gostar moderadamente de néctar de ciriguela, seguidos de 31,5% que gostam muito, 26,0% que gostam

ligeiramente e em menor proporção 8,2% que demonstraram gostar em um grau muito elevado de néctar de ciriguela (Figura 4D). Evidenciando assim, estarem aptos a participarem da avaliação sensorial. Para a avaliação da frequência de consumo (Figura 4E), adotou-se como alto (diariamente), moderado (1 vez por semana e quinzenalmente) e baixo (1 vez ao mês e menos de 1 vez por mês). O consumo de néctar de ciriguela é baixo e alguns provadores justificaram em seus comentários que este baixo consumo é devido ao longo período de entressafra e a baixa oferta do produto.

Figura 4: Perfil sociocultural dos provadores (**A:** Gênero; **B:** Grau de Escolaridade; **C:** Faixa Etária; **D:** Grau de gostar de néctar de ciriguela; **E:** Frequência de consumo do néctar de ciriguela).



6.3.2.2 Teste de Aceitação e Intenção de Compra dos Néctares de Ciriguela

Os testes realizados com consumidores têm por finalidade avaliar respostas subjetivas sobre aceitação, preferências, atitudes, opiniões, comportamentos e percepções dos consumidores relativas aos produtos. Portanto, é uma etapa fundamental no processo de desenvolvimento de um novo produto (KUNZ *et al.*, 2011).

Os resultados da análise sensorial para as formulações de néctares de ciriguela em pó obtidos nas Condições A e B, encontram-se na Tabela 2. A média das notas atribuídas a Condição B foi superior às da Condição A, variando em termo hedônico de “Não gostei, nem desgostei a Gostei Ligeiramente”. Porém, ao comparar as médias de cada atributo estatisticamente, verificou-se que houve diferença significativa ($p > 0,05$) apenas para os atributos de sabor e aroma, o que levou a concluir que a formulação obtida na Condição B foi mais aceita em relação aos atributos avaliados individualmente.

Tabela 2. Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste afetivo de aceitação dos néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada.

Formulações	Atributos			
	Aparência*	Sabor*	Aroma*	Cor*
Condição A	5,0821 ^a ± 1,3	4,3698 ^a ± 1,6	4,0958 ^a ± 1,3	4,9041 ^a ± 1,5
Condição B	5,1917 ^a ± 1,2	5,4383 ^b ± 1,2	4,7123 ^b ± 1,4	5,0684 ^a ± 1,3

*Médias na mesma coluna seguidas de letras minúsculas diferentes são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; Escala hedônica de sete pontos; Condição A: 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador;

O índice de aceitabilidade (IA) foi calculado para todos os atributos das duas formulações e os dados consolidados na Tabela 3. Para ser considerado como aceito foi estipulado que o atributo tenha como índice de aceitabilidade no mínimo de 70%. Avaliando os dados, evidencia-se que a Condição A obteve o $IA \geq 70\%$ apenas para o

atributo de aparência, enquanto que a Condição B obteve o índice mínimo para todos os atributos, com exceção do aroma.

Tabela 3. Índice de aceitação dos atributos avaliados pelo teste de aceitação dos néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada.

Formulações	Índice de Aceitação (%)			
	Aparência	Sabor	Aroma	Cor
Condição A	71,2	58,9	34,2	65,8
Condição B	72,6	84,9	50,7	72,6

Condição A: 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador;

Pode-se concluir estatisticamente ($p > 0,05$), que a Condição B apresentou maior IA para os atributos avaliados. Segundo Kandansamy e somasundaram (2012), a aparência e a cor dos alimentos são os atributos sensoriais mais importantes na avaliação das características sensoriais e da aceitação do alimento pelo consumidor, e neste contexto, temos que a Condição atingiu $IA \geq 70\%$.

As elevadas temperaturas ($>100^\circ\text{C}$) empregadas durante não só vaporiza a água, mas também, causa a perda de componentes voláteis do alimento. Apesar do agente carreador ser utilizado para a microencapsulação, visando a redução da volatilidade e preservação do aroma (PHISUT, 2012; JITTANIT *et al.*, 2010), no presente trabalho, o atributo do aroma para as duas Condições não conseguiram atingir o IA mínimo.

Ainda na Tabela 3, evidenciamos que para o atributo de sabor, apenas a Condição B alcançou o índice de aceitabilidade $\geq 70\%$.

Em relação ao IA Global apresentado na Tabela 4, é possível afirmar que apenas a condição B alcançou o índice $\geq 70\%$, sendo esta formulação considerada como aceita pelos provadores.

Tabela 4. Índice de aceitação global para néctares de ciriguela avaliados pelo teste afetivo de aceitação dos néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada.

Formulações	Média	Aceitação global (%)
Condição A	4,61	57,5
Condição B	5,10	70,2

Condição A: 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador;

Segundo Kemp *et al.* (2009) a aceitabilidade é um dos pontos fundamentais no desenvolvimento de novos produtos, a fim de predizer seu comportamento frente ao mercado consumidor.

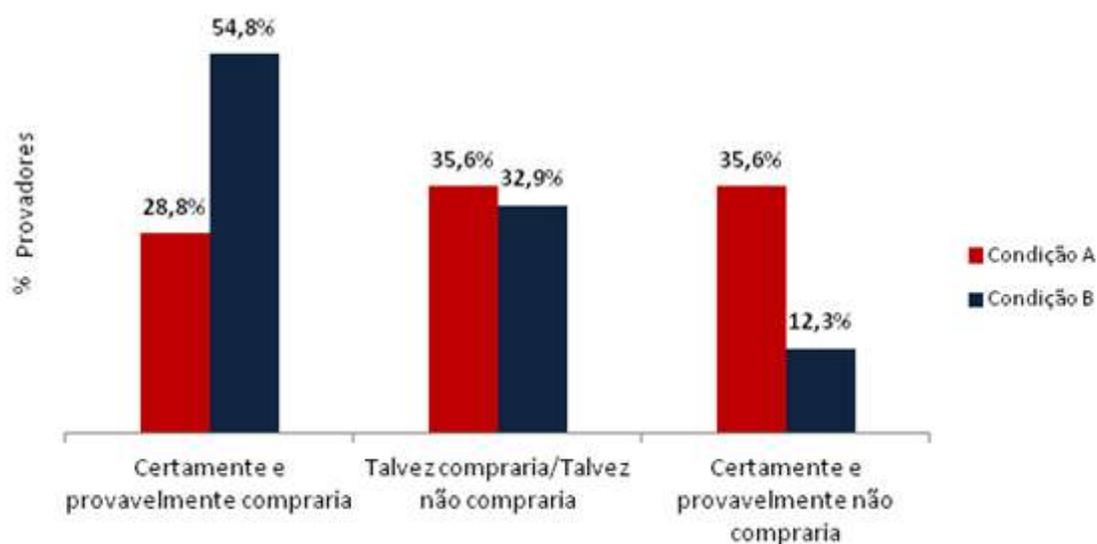
6.3.2.3 Teste de Intenção de Compra

Segundo Vanhonacker *et al.* (2013), compreender as necessidades e as expectativas dos consumidores é fundamental para uma introdução bem sucedida e sustentável de novos produtos no mercado. Nos testes de intenção de compra os consumidores especificam quais dos produtos estão mais propensos a adquirir, podendo optar por ambos ou nenhum (WICHCHUKIT; O'MAHONY; 2011).

Os percentuais de intenção de compra diferiram bastante entre as duas condições (Figura 5). O percentual de provadores que “certamente e provavelmente comprariam” o produto foi superior para a Condição B em comparação a Condição A, respectivamente 54,8 e 28,8%. O percentual de indecisos que “talvez comprariam / talvez não comprariam” o produto foi relativamente próximo para ambas condições, respectivamente 35,6% para a Condição A e 32,9% para Condição B. Os provadores

que “certamente e provavelmente não comprariam” o produto foi de 35,6% para a Condição A, enquanto que para a Condição B foram apenas 12,3%. Evidenciou-se que na Condição B nenhum dos provadores optou pela atitude de “certamente não compraria”.

Figura 5: Intenção de compra dos provadores para os néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada (Condição A: 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador).



A intenção de compra apresentou diferença significativa entre as duas formulações (Tabela 5). A classificação do néctar obtido pela reconstituição do pó de ciriguela obtido pela Condição A, segundo escala hedônica de cinco pontos, situou-se na faixa de “provavelmente não compraria” a “talvez compraria/não compraria”, já o néctar obtido da Condição B apresentou melhor classificação “talvez compraria/não compraria” a “provavelmente compraria”.

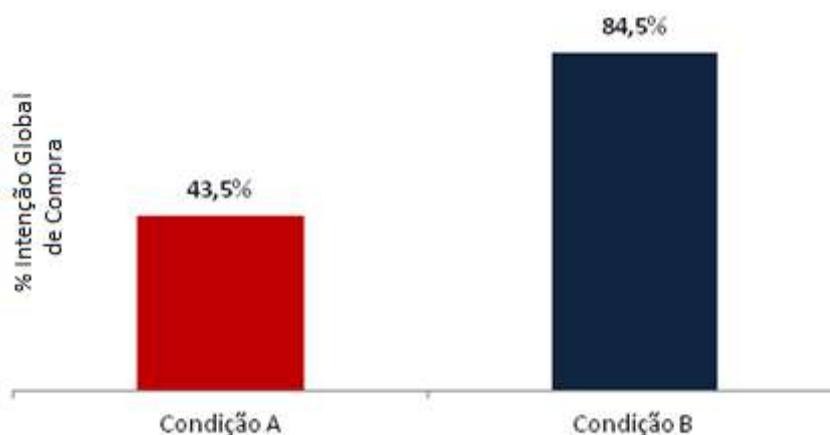
Tabela 5. Médias das notas da intenção de compra seguidas do desvio padrão para os néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada.

Formulações	Intenção de Compra*
Condição A	2,8493 ^a ± 1,1
Condição B	3,5479 ^b ± 0,9

*Médias na mesma coluna seguidas de letras minúsculas diferentes são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; Escala Hedônica de Cinco Pontos; Condição A: 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador;

O néctar obtido na Condição B apresentou maior índice de intenção global de compra, quase o dobro do percentual obtido na Condição A, respectivamente, 84,5 e 43,5% (Figura 6).

Figura 6: Intenção global de compra dos provadores para os néctares reconstituídos de polpa de ciriguela atomizada (Condição A: 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador).



6.3.2.4 Teste de Preferência do Néctar de Ciriguela

O teste de preferência para avaliação do sabor e aroma foi realizado por comparação múltipla entre os néctares de ciriguela obtidos nas Condições A e B com o padrão, que significa o néctar obtido a partir da polpa de ciriguela *in natura*. Os resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade para as duas formulações, bem como as médias das notas atribuídas pelos provadores, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. Médias das notas do teste de preferência (comparação múltipla) para os néctares de ciriguela atomizada em relação ao néctar de ciriguela *in natura*.

Formulações	Atributos	
	Sabor*	Aroma*
Condição A	2,8219 ^a ± 1,5	2,7397 ^a ± 1,3
Condição B	3,3836 ^b ± 1,6	3,2191 ^b ± 1,5

*Médias na mesma coluna seguidas de letras minúsculas diferentes são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; Condição A: 170°C, vazão 0,36L/h e 14% de agente carreador; Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador;

Segundo Carpenter e Lyon (2002) no teste de preferência as amostras codificadas são apresentadas aos provadores para que os mesmos indiquem se há preferência por alguma e avaliem a intensidade desta diferença. Os resultados demonstram que houve diferença significativa entre os néctares, sendo a Condição B a que obteve maior média para os atributos de sabor e aroma em relação à Condição A. De acordo com a classificação dos termos hedônicos a Condição A obteve classificação de “regularmente menos preferido” a “ligeiramente menos preferido”, enquanto que a Condição B obteve melhor classificação variando de “ligeiramente menos preferido” a “igual ao padrão”. Permitindo afirmar que o néctar da Condição B obteve maior semelhança em relação ao padrão para tais atributos, porém, nenhuma das formulações obtiveram média igual ou superior ao padrão.

Diante dos resultados obtidos na avaliação sensorial, conclui-se que o néctar obtido pela reconstituição do pó de ciriguela atomizado na Condição B foi o mais aceito, e, portanto, esta condição de secagem foi selecionada para dar continuidade à pesquisa de caracterização da partícula.

6.3.3 Composição Química da Ciriguela em Pó

A determinação da composição química da ciriguela em pó é extremamente relevante por se tratar de um novo produto, os dados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Composição química da ciriguela em pó (Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador).

Análises	Resultados*
Umidade (g.100 g ⁻¹)	2,80 ± 0,60
Acidez Titulável (g ácido cítrico.100 g ⁻¹)	0,20 ± 0,01
pH a 25°C	3,70 ± 0,20
Cinzas (g.100 g ⁻¹)	1,72 ± 0,30
Carboidratos (g.100 g ⁻¹)	89,25 ± 1,6
Proteínas (g.100 g ⁻¹)	1,90 ± 0,20
Lipídeos (g.100 g ⁻¹)	0,43 ± 0,08

*Médias de triplicata seguidas de desvio padrão;

A umidade desejável para fruta atomizada segundo Grabowsky *et al.* (2006) é 3,5%, a ciriguela em pó apresentou um teor bem inferior, o que contribui para a estabilidade do produto durante o armazenamento. Comparando-se a acidez e o pH obtidos no pó em relação a polpa, evidencia-se que houve uma redução significativa na acidez de 0,97 para 0,20g ácido cítrico.100g⁻¹ e um aumento no valor do pH de 3,57 para 3,70, estes valores foram influenciados pela adição da maltodextrina, visto que a mesma possui um pH próximo de 4,5 a 5,5, bem superior ao da ciriguela *in natura*. O aumento no teor de cinzas de 0,69 para 1,72g.100 g⁻¹, era previsto, pois além do elevado teor de umidade presente na polpa em relação ao pó, a adição da maltodextrina ocasionou o aumento dos sólido e conseqüente aumento dos resíduos após incineração.

Em relação ao teor de carboidratos, a ciriguela *in natura* apresenta elevada quantidade do composto quando comparada a frutas como abacaxi e até mesmo cajá e umbu pertencentes ao mesmo gênero, principalmente em virtude do alto conteúdo de amido presente na fruta (MARTINS *et al.*, 2003). O teor encontrado na ciriguela em pó foi significativamente superior ao da polpa, respectivamente 89,35 e 20,3g.100 g⁻¹. Atribui-se a elevação dos carboidratos a adição da maltodextrina utilizada como agente

carreador durante a secagem. O teor de proteína e lipídeos na ciriguela em pó também foram superiores aos obtidos na polpa, devido à concentração dos compostos após a secagem.

6.3.4 Densidade Aparente, Densidade Absoluta, Porosidade e Solubilidade

As características dos pós alimentares, tais como, densidade aparente e absoluta, porosidade e solubilidade são úteis para o delineamento e controle das operações de processamento, manuseio, armazenamento e qualidade do produto (CALISKAN; DIRIM, 2013; AZEVEDO *et al.*, 2011).

Os resultados das análises para as partículas produzidas na Condição B são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Densidade aparente, densidade da partícula, porosidade e solubilidade do ciriguela em pó (Condição B: 110°C, vazão 0,36L/h e 26% de agente carreador).

Análises	Resultados*
Densidade aparente (g/mL)	0,61 ± 0,01
Densidade absoluta (g/mL)	1,26 ± 0,05
Porosidade (%)	51,90 ± 0,04
Solubilidade (%)	79,66 ± 0,62

*Médias de triplicata seguidas de desvio padrão.

Um dos problemas encontrados na secagem é a obtenção de um produto com densidade adequada, que permita o adequado escoamento do produto, facilitando o enchimento das embalagens (DAIUTO; CEREDA, 2006).

A densidade aparente é a razão entre a massa e o volume do sólido englobando os espaços vazios (BARBOSA-CÁNOVAS e JULIANO, 2005). O resultado encontrado para a ciriguela em pó foi 0,61g/mL. Tonon *et al.* (2013), Fazaeli *et al.* (2012) e Caparino *et al.* (2012) estudando atomização de açaí, amora preta e manga por *spray dryer*, respectivamente, obtiveram valores de densidade aparente que variaram de 0,35 a

0,57g/mL e evidenciaram que o aumento da temperatura do ar de entrada e da concentração do agente carreador reduzem a densidade aparente do pó.

A densidade absoluta corresponde à densidade real do sólido, sem considerar os espaços presentes entre as partículas (BARBOSA-CÁNOVAS e JULIANO, 2005). A densidade absoluta da ciriguela em pó foi 1,26 g/mL, valores próximos foram encontrados por Tonon *et al.* (2013) em secagem de polpa de açaí utilizando maltodextrina, variando de 1,51 a 1,53g/mL.

A porosidade é uma propriedade importante para as microcápsulas, desempenhando papel relevante na reconstituição de produtos secos e no controle da taxa de reidratação (SANTANA *et al.*, 2013). A porosidade também influencia na possibilidade do material encapsulado sofrer reações de oxidação, pois quanto maior a porosidade, maior a quantidade de espaços vazios e ar entre as microcápsulas, aumentando as chances de oxidação do alimento e diminuindo a estabilidade do pó (TONON *et al.*, 2013; SANTANA *et al.*, 2013; BARBOSA-CÁNOVAS e JULIANO, 2005). A ciriguela em pó apresentou 51,90% de porosidade, Tonon *et al.* (2013) e Caparino *et al.* (2012) encontraram valores que variaram de 47,00 a 75,49% em secagem de manga e açaí por *spray dryer*, respectivamente.

A solubilidade é o critério mais importante e confiável para avaliar o comportamento do produto em solução aquosa, uma vez que alimentos em pó devem apresentar boa solubilidade para serem úteis e funcionais (CHEN e PATEL, 2008; FANG; SELOMULYA; CHEN, 2008). A ciriguela em pó apresentou 79,66% de solubilidade em água. Liu *et al.* (2010) e Abadio *et al.* (2004) em estudos de atomização de tomate e abacaxi, respectivamente, obtiveram valores que variaram de 30,82 a 81,56%. Fazaeli *et al.* (2012) em estudo de atomização de amora preta encontraram uma variação de solubilidade de 76,0 a 86,0%, e evidenciaram que o aumento da temperatura

do ar de entrada promove o aumento da solubilidade, além de constatarem que há uma relação inversa entre a densidade aparente e a solubilidade. A boa solubilidade da ciriguela em pó pode está associada à adição da maltodextrina no processo de secagem, que devido a sua alta solubilidade em água é bastante utilizada na produção de pós (GOULA e ADAMOPOULOS, 2010; QUEK *et al.*, 2007; GRABOWSKI *et al.*, 2006; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

6.3.5 Morfologia das Partículas

As propriedades dos pós em geral, incluindo a morfologia das partículas, são afetadas durante o processo de secagem por atomização (PHISUT, 2012; WALTON; MUMFORD, 1999). Desta forma, a seleção das variáveis de processo, devem ser otimizadas para se obter as características desejadas no produto final (ALAMILLA-BELTRÁN *et al.*, 2005). Segundo Walton (2000), o estudo da morfologia dos pós oferece informações importantes sobre os fundamentos da secagem dos alimentos, bem como, dos aspectos físicos e químicos que influenciam a estrutura das partículas.

A morfologia das partículas da ciriguela em pó foi realizada por meio de microscopia de varredura eletrônica (MEV), e as imagens apresentadas nas Figuras 7 e 8.

Figura 7. (A-D): Eletromicrografias das partículas de ciriguela em pó. A – Visão geral da distribuição das partículas em forma de aglomerados apresentando tamanhos variados (asteriscos); B e C - Detalhe do aglomerado formado por partículas de diferentes tamanhos que apresentam superfície rugosa (seta aberta) e superfície lisa (seta fechada); D – Detalhe do aglomerado.

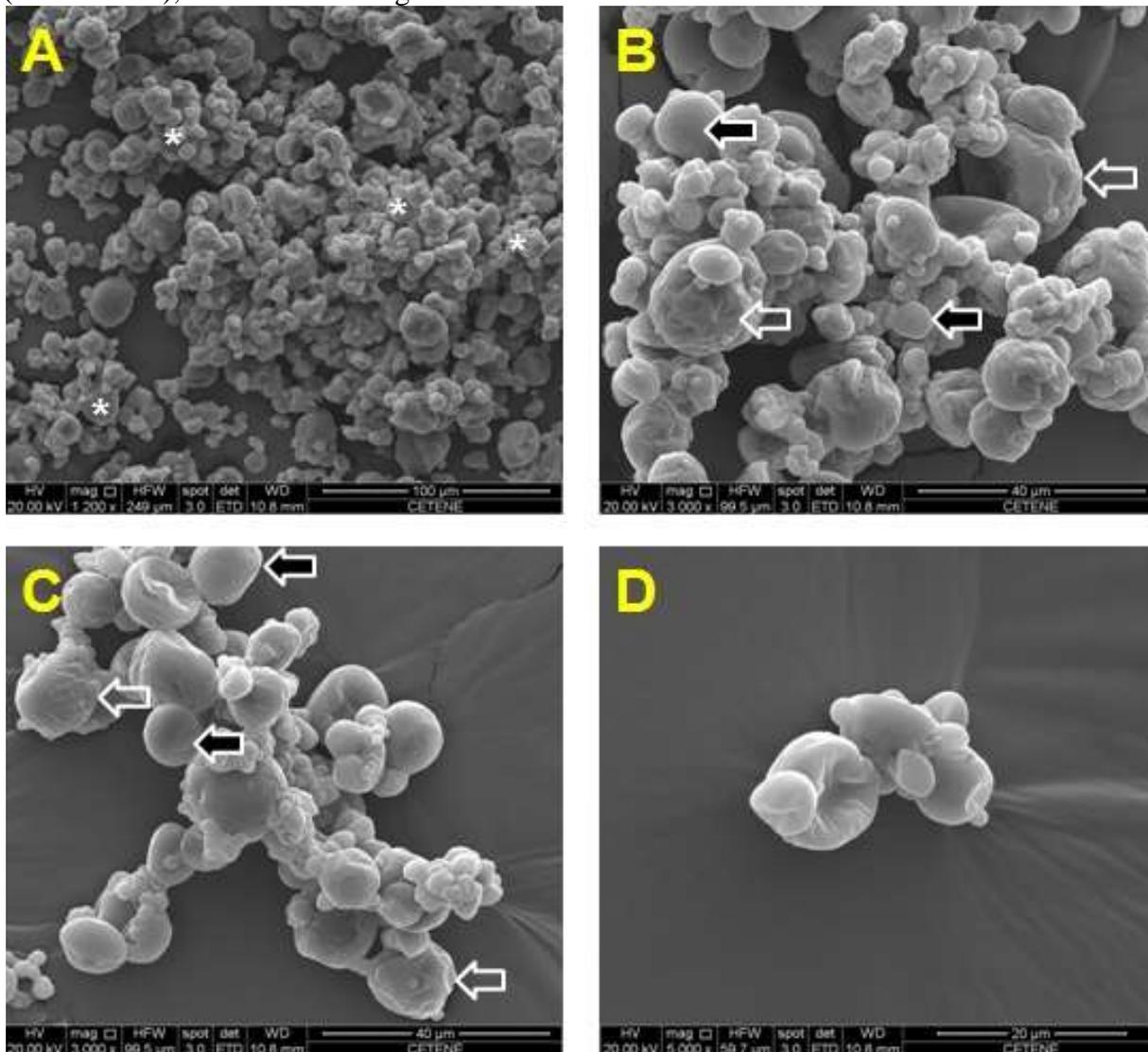
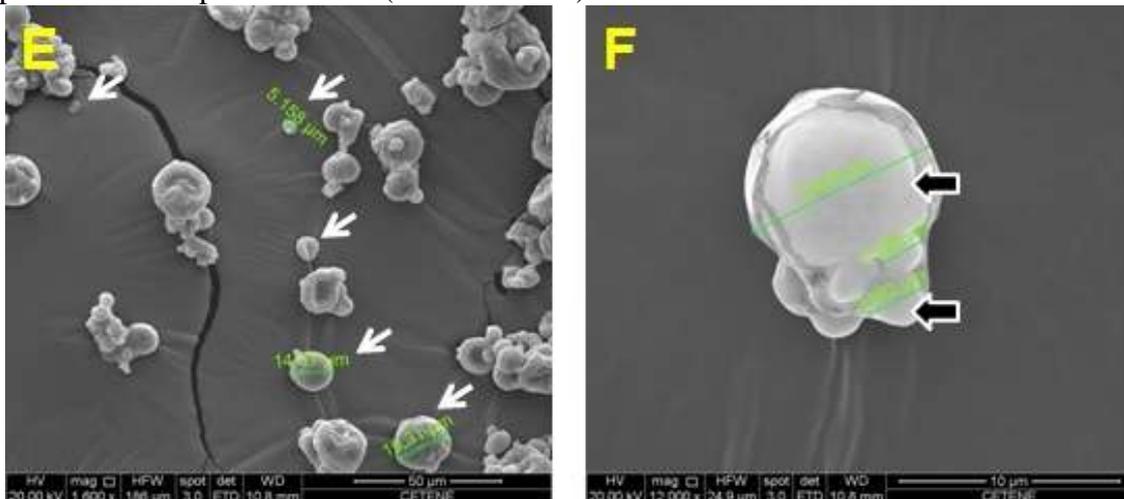


Figura 8. (E-F): Eletromicrografias das partículas de ciriguela em pó. E – Partículas isoladas (setas curtas); F – Detalhe do aglomerado formado por um conjunto de partículas de superfícies lisas (setas fechadas).



De acordo com as Figuras 7 e 8, as partículas possuem formato esférico, bastante característico de pós produzidos por *spray dryer* (FAZAELI *et al.*, 2012; TONON *et al.*, 2008; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007). Embora algumas partículas apresentem superfícies completamente lisas, é predominante a presença de partículas com superfícies rugosas, em algumas a rugosidade é bem mais expressiva que em outras. A presença de estruturas rugosas pode ser explicada pela formação de vacúolos dentro das partículas após o desenvolvimento da microcápsula (NIJDAM e LANGRISH, 2006). Resultados semelhantes foram obtidos por Tonon *et al.* (2008) e Righetto e Netto (2005), em secagem de açaí e acerola por atomização, e constataram que menores temperaturas do ar de entrada resultam em partículas com superfícies enrugadas, enquanto que temperaturas mais elevadas produzem partículas com superfícies lisas, e atribuíram a influência da temperatura às diferenças na velocidade de secagem, a qual é maior para temperaturas mais elevadas visto que a evaporação da água é mais rápida, levando à formação de uma crosta lisa e dura.

Alamilla- Beltrán *et al.* (2005) também relataram que as diferenças morfológicas entre os pós obtidos com temperaturas diferentes podem surgir a partir das

características físicas da crosta, além de constatarem que a utilização de temperaturas mais baixas resultam em microcápsulas menores ($12\mu\text{m}$) e com crostas mais flexíveis, enquanto temperaturas mais elevadas apresentaram microcápsulas com tamanhos maiores (32 e $37\mu\text{m}$) e crostas mais rígidas e porosas.

Analisando as eletromicrografias, evidencia-se que a ciriguela em pó é constituída por partículas irregulares, com algumas depressões, distribuição constituída de tamanhos diversos, e em sua maioria se apresentam empilhadas em forma de aglomerados com forte interação entre si (Figura 7A-C). Partículas isoladas são raramente visualizadas (Figura 8E) e não apresentaram partículas porosas, comportamento semelhante foi observado por Fazaeli *et al.*(2012) e Georgetti *et al.* (2008) em atomização de amora preta e soja, respectivamente.

Segundo Alamilla-Beltrán *et al.* (2005), gradientes de umidade nas partículas podem causar tensão mecânica, ocasionando irregularidades na partícula não só ao longo do processo de secagem, mas também em definitivo no produto. De acordo com Gharsallaoui *et al.* (2007) não é tão fácil realizar a secagem de frutas devido a elevada quantidade de açúcares de baixo peso molecular, que por sua vez, apresentam baixa temperatura de transição vítrea (T_g), um dos principais responsáveis pela aglomeração do pó. Segundo Fitzpatrick (2007) tais características devem ser bem monitoradas, pois o consumidor é muito sensível a aglutinações ou dificuldades em retirar o pó de sua embalagem.

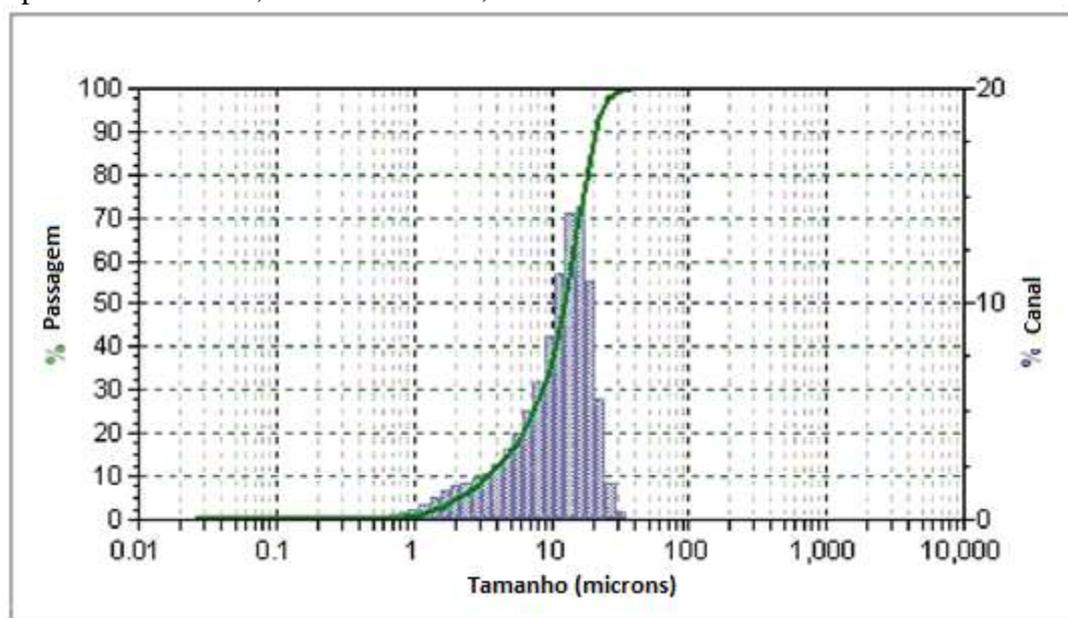
Segundo Thies (2001) e Dubey *et al.* (2009), às depressões visualizadas principalmente nas partículas da Figura 7B, são formadas devido à contração das partículas durante a secagem e o resfriamento, e concluíram que a extensão das depressões observadas em partículas produzidas por *spray dryer* é função da natureza do agente carreador utilizado.

6.3.6 Distribuição do Tamanho de Partículas

A caracterização de um sistema de partículas geralmente é feito por meio da análise de tamanho e distribuição, que tem papel importante na manipulação, fluidez, vida de prateleira, estabilidade e no processamento subsequente dos alimentos em pó (CUQ *et al.*, 2011; O'HAGAN *et al.*, 2005; FITZPATRICK; AHRNÉ, 2005; WALTON; MUMFORD, 1999). Além de tornar o produto mais atraente aos consumidores, que tendem a preferir alimentos em pó mais finos e mais uniformes (FITZPATRICK, 2007).

A análise de distribuição de partículas da ciriguela em pó foi realizada em triplicata para a amostra obtida na condição B. A Figura 9 apresenta a distribuição do tamanho das partículas (diâmetro em μm) em relação ao volume (%).

Figura 9. Distribuição do tamanho de partículas do pó de ciriguela produzido com temperatura de 110°C , vazão mássica $0,36\text{L/h}$ e 26% de maltodextrina.



Segundo Azeredo (2005) a atomização geralmente produz pós com pequenos tamanhos de partículas (geralmente $< 100 \mu\text{m}$), tornando o produto altamente solúvel, porém, como desvantagem torna o mesmo mais suscetível à oxidação visto que há um aumento da superfície de contato.

As partículas apresentaram diâmetros que variaram de 0,578 a 44,00 μm . Conforme gráfico apresentado na Figura 9 evidencia-se que a mesma apresentou uma distribuição modal, ou seja, apenas um pico distinto representando um tamanho predominante, com diâmetro médio de $12,52 \pm 7,15 \mu\text{m}$. Valores próximos foram obtidos por Tonon *et al.* (2008) para açaí em pó com maltodextrina de diferentes DE, as partículas apresentaram diâmetro médio que variaram entre 13 a 21 μm , os pesquisadores relataram que o aumento da temperatura do ar de entrada e da concentração do agente carreador levaram à produção de partículas com diâmetros maiores.

Ainda segundo Tonon *et al.* (2008), a presença de partículas de diâmetros maiores tendem a iniciar um possível processo de aglomeração. Enquanto que a presença de partículas menores é interessante, uma vez que podem penetrar entre os espaços causados pelas partículas maiores, e assim ocupar um volume menor.

6.3.7 Atividade Antioxidante

Os compostos fenólicos ou polifenóis estão presentes em quantidades significativas em alimentos como frutas e vegetais, sendo rotineiramente consumidos na dieta, no entanto, são influenciados pela maturidade, cultivar, origem geográfica, armazenamento e processamento pós-colheita, entre outros (SILVA *et al.*, 2012; KIM; JEONG e LEE, 2003). A quantidade de fenólicos presentes em um alimento é considerado um dos principais responsáveis pela atividade antioxidante. Porém, sua extração é influenciada pela solubilidade destes compostos no solvente em questão, onde a polaridade deste solvente pode influenciar na solubilidade destes compostos, inclusive proporcionando seu aumento (NACZK; SHAHIDI, 2006).

Os resultados de fenólicos totais para o pó de ciriguela extraídos por diferentes solventes estão apresentados na Tabela 9. Avaliando-se os resultados, evidencia-se que apenas a extração obtida com acetona 60% apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), sendo este, portanto, o que obteve maior concentração de fenólicos. Assim, o extrato acetônico foi o escolhido para prosseguir com a determinação da atividade antioxidante.

Tabela 9. Resultados de fenólicos totais para o pó de ciriguela extraído com diferentes solventes.

Amostra	Extratos		
	Etanol*	Metanol*	Acetona*
Pó	366,99 ^a ± 9,64	378,65 ^a ± 10,60	449,20 ^b ± 28,80

*Médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas diferentes são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Resultados expressos em mg EAG.100g⁻¹ de amostra.

6.3.7.1 Determinação de Atividade Antioxidante

Antioxidantes são substâncias que mesmo presente em baixas concentrações, retardam ou impedem a oxidação de moléculas de importância biológica, tais como proteínas, lipídios e DNA (OMENA *et al.*, 2012; DILIS e TRICHOPOULOU, 2010; ARUOMA, 2003). Existem diversos métodos para determinação da capacidade antioxidante de alimentos, porém, os mais comuns são os que capturam os radicais ABTS e DPPH (OMENA *et al.*, 2012; FLOEGEL *et al.*, 2011).

6.3.7.2 Capacidade de Sequestrar o Radical DPPH

O princípio básico da capacidade antioxidante na captura do radical DPPH baseia-se na transferência de hidrogênio e/ou de elétrons do composto antioxidante para estabilizar o radical livre. A perda da coloração púrpura da solução do radical DPPH é monitorada espectrofotometricamente, evidenciando a habilidade do composto

antioxidante no sequestro do radical (CRAFT *et al.*, 2012; FLOEGEL *et al.*, 2011; FANG e BHANDARI, 2011).

O resultado para a ciriguela em pó expresso em EC₅₀ foi 190,58 ± 5,07g da amostra/g DPPH. Segundo Fang e Bhandari (2011) o valor de EC₅₀ é inversamente proporcional à capacidade antioxidante de um composto, pois expressa a quantidade de antioxidante necessária para diminuir a concentração de radicais em 50%, assim, quanto menor o valor do EC₅₀ maior será a atividade antioxidante do composto.

Silva *et al.* (2012) encontraram valores de EC₅₀ para genótipos de cirigueleira *in natura* que variaram de 0,18 a 0,73g/g DPPH, assim evidencia-se a redução da capacidade antioxidante durante a atomização, visto que o valor de EC₅₀ para a ciriguela em pó foi bem superior. Ainda em termos de EC₅₀, ao comparar a capacidade de sequestro da ciriguela em pó com a da batata doce (roxa) atomizada que foi de 0,024 g/g DPPH em estudo realizado por Peng *et al.* (2013), evidencia-se que a ciriguela em pó possui baixa capacidade antirradical.

Avaliando a capacidade de sequestro do DPPH• expresso em percentual, foi observado uma ação de aproximadamente 90,4%, valor superior ao encontrado por Krishnaiah *et al.* (2012) para Noni (*Morinda citrifolia* L.) atomizado, que foi 28,0%. Segundo Melo *et al.* (2008), para efeito de classificação, a capacidade de sequestro é considerada forte quando o percentual for maior que 70%, moderado entre 50 e 70% e fraca abaixo de 50%. Mesmo assim, não se pode considerar que a ciriguela em pó apresentou uma capacidade significativa em termos de percentual de sequestro porque este resultado só foi obtido aos 45 minutos de reação, ou seja, um tempo longo.

6.3.7.3 Capacidade de Sequestrar o Radical ABTS

No método do ABTS+•, o radical verde/azulado é gerado pela oxidação do ABTS+• [2,2'-azino-bis (3-etil-benzolona-6-sulfonato)] com o persulfato de potássio. A

adição do antioxidante reduz o ABTS+• novamente, promovendo a descoloração da solução, este grau de descoloração é usado para avaliar a atividade oxidante (RÉ *et al.*, 1999; KUSKOSKI *et al.*, 2005). Segundo Craft *et al.* (2012), a atividade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) é baseada na capacidade do antioxidante em capturar o radical ABTS.

A capacidade antioxidante da ciriguela em pó expressa em $\mu\text{mol TEAC/g}$ de amostra para a captura do radical ABTS foi de $1.571,43 \pm 105,17$. Quanto maior o valor de TEAC, maior a capacidade antioxidante.

Comparando-se a ação antioxidante da ciriguela em pó com os estudos realizados por Kha *et al.* (2010) e Langrish e Premarajah (2013) para suco de fruta Gac (*Momordica cochinchinensis*) e extrato de vegetais atomizados, respectivamente, os quais variaram de 80 a $321\mu\text{mol TEAC/g}$, evidencia-se que a ciriguela possui significativa atividade antioxidante na captura do ABTS+•.

A diferença na capacidade antioxidante da ciriguela na captura do ABTS+• e do DPPH• pode ser explicado devido aos diferentes mecanismos de ação. O mecanismo de ação do antioxidante frente ao radical ABTS pode ser por transferência de elétron e/ou hidrogênio. Além da interação do antioxidante com o meio, a polaridade e a acidez do grupo hidroxil do fenólico pode determinar se o mecanismo predominante será por meio da transferência de hidrogênio ou elétron. A estrutura química e a concentração do composto na amostra também são fatores que influenciam na ação antioxidante (CRAFT *et al.*, 2012).

Desta forma, avaliando os resultados obtidos, é possível inferir que os polifenóis presentes na ciriguela atomizada, especialmente os majoritários, adotaram mecanismo

de ação que os tornaram mais efetivos na captura do radical ABTS, porém, frente ao radical DPPH exibiram ação fraca.

6.4 CONCLUSÃO

A ciriguela em pó obtida pela condição B com temperatura do ar de entrada 110°C, vazão de alimentação 0,36 L/h e agente carreador 26% apresentou resultados superiores nos testes de aceitação, preferência e intenção de compra, portanto, esta condição foi escolhida para a continuidade da pesquisa. Os resultados de caracterização da partícula como densidade aparente, absoluta e porosidade apresentaram valores semelhantes a outros pós de frutas obtidos por atomização, com destaque para a boa solubilidade do mesmo. A morfologia das partículas apresentou resultados semelhantes a outros pós de frutas obtidos com maltodextrina, com tendência ao formato esférico, levemente rugosas e em aglomerados. O diâmetro médio foi relativamente pequeno quando comparado a outros pós. O teor de fenólicos totais foi considerado significativo e o potencial antioxidante relativamente fraco na captura do radical DPPH, porém boa capacidade de captura do radical ABTS. Os resultados obtidos na caracterização da ciriguela em pó estão de acordo com a maioria dos pós de frutas atomizados, e desta forma, percebe-se que a ciriguela atomizada possui expressivo espaço para desenvolvimento no mercado local, nacional e até mesmo internacional.

6.5 REFERÊNCIAS

ABADIO, F.D.B.; DOMINGUES, A.M.; BORGES, S. V.; OLIVEIRA, V. M.; Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice effect of maltodextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**. Vol. 64, p. 285–287, 2004.

AFOAKWAH, A. N; ADOMAKO, C.; OWUSU, J.; ENGMAN, N. F; HANNAH, A. A.; *Spray drying* as an appropriate technology for the food and pharmaceutical industries - A Review. **Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology**. Vol.1, p.467-476, 2012.

ALAMILLA-BELTRÁN, L.; CHANONA-PÉREZ, J.J.; JIMÉNEZ-APARICIO, A.R.; GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G. F.; Description of morphological changes of particles along spray drying. **Journal of Food Engineering**. Vol. 67, p. 179–184, 2005.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M. S.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G.; Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**. Vol. 44, p. 2155–2159, 2011.

ARUOMA, O. I.; Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**. Vol. 523/524, p. 9-20, 2003.

ASHBOLT, N.; GRABOW, J. W. O. K.; SNOZZI, M. Indicators of microbial water quality. **Water Quality: Guidelines, Standards and Health**. Ed. Lorna Fewtrell and Jamie Bartram, London, p.289-316, 2001.

AZEREDO, H. M. C.; Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Alimentos e Nutrição**. Vol. 16, p. 89-97, 2005.

AZEVEDO, L.; MILEIB, C.; VISSOTTO, F. Z.; CARVALHO-SILVA, L. B.; Alimento para fins especiais: ingredientes, elaboração e aglomeração. **Revista de Nutrição**. Vol. 24, p. 315-322, 2011.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; JULIANO, P. Physical and chemical properties of food powders. In: ONWULATA, C. (Ed.). **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton, Taylor & Francis, p.39-71, 2005.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**. Vol. 28, p.25-31, 1995.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - MAPA. Instrução Normativa n. 12, de 04 de setembro de 2003. Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, p. 2, 09 de setembro de 2003.

CALISKAN, G.; DIRIM, S. N.; effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during *spray drying* of sumac extract. **Food and Bioproducts Processing**. Vol. 411, p. 1-10, 2013.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by *spray drying* and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. Vol.5, p.420-428, 2005.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K.; Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. **Journal of Food Engineering**. Vol. 111, p. 135–148, 2012.

CARPENTER, R. P.; LYON, D. H.; **Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos**. Ed. Acribia, 2002.

CÉSAR, J.; PAOLI, M.; ANDRADE, J. C.; A determinação da densidade de sólidos e líquidos. **Chemkeys** – Universidade Estadual de Campinas / Instituto de Química, 2004.

CHEN, X.D.; PATEL, K.C. Manufacturing better quality food powders from *spray drying* and subsequent treatments. **Drying Technology**. Vol.26, p.1313–1318, 2008.

COSTELL, E.; A comparison of sensory methods in quality control. **Food Quality and Preference**. Vol. 13, p. 341–353, 2002.

CRAFT, B.D; KERRIHAD, A.L.; AMAROWIEZ, R.; PEGG, R.B.; Phenol-based antioxidants and the in vitro methods used for their assessment. **Food science**. Vol. 11, p. 148-173, 2012.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J.; Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**. Vol. 208, p. 244–251, 2011.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; Influência da granulometria de grânulos de amido sobre a densidade aparente de extratos atomizados. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica Aplicada**. Vol. 27, p.51-56, 2006.

DILIS, V.; TRICHOPOULOU, A.; Antioxidant intakes and food sources in greek adults. **The Journal of Nutrition**. Vol.140, p.1274 – 1276, 2010.

DUBEY, R.; SHAMI, T. C.; RAO, K. U.; Microencapsulation technology and applications. **Defence Science Journal**. Vol. 59, p. 82-95, 2009.

ETAIO, I.; ALBISU, M.; OJEDA, M.; GIL, P.F.; SALMERÓN, J.; ELORTONDO, F. J. P.; Sensory quality control for food certification: A case study on wine. Method development. **Food Control**. Vol. 21, p. 533–541, 2010.

FANG, Y.; SELOMULYA, C.; CHEN, X.D. On measurement of food powder reconstitution properties. **Drying Technology**. Vol. 26, p.3–14. 2008.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Effect of *spray drying* and storage on the stability of bayberry polyphenols. **Food Chemistry**. Vol.129, p.1139–1147, 2011.

FAZAEI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A. K.; OMID, M.; Effect of *spray drying* conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioproducts Processing**. Vol. 312 p. 1-9, 2012.

FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; MOURA, C.F.H.; OLIVEIRA, A. C. O.; ARAÚJO, N. C. C.; Calidad de frutas nativas de latinoamerica para indústria: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture** Vol. 43, p. 68-71, 2001.

FITZPATRICK, J. J.; AHRNÉ, L.; Food powder handling and processing: Industry problems, knowledge barriers and research opportunities. **Chemical Engineering and Processing**. Vol. 44, p. 209–214, 2005.

FITZPATRICK, J. J.; Particle properties and the design of solid food particle processing operations. **Institution of Chemical Engineers**. Vol. 85, p. 308–314, 2007.

FLOEGEL, A.; KIM, D.O.; CHUNG, S.J.; KOO, S.; CHUN O. K. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US **Food Journal of Food Composition and Analysis**. Vol. 24, p. 1043–1048, 2011.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

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**. Vol.82, p.246-252, 2007.

GEORGETTI, S. R.; CASAGRANDE, R.; SOUZA, C. R. F.; OLIVEIRA, W. P.; FONSECA, M. J. V.; *Spray drying* of the soybean extract: Effects on chemical properties and antioxidant activity. **Food Science and Technology**. Vol. 41, p. 1521–1527, 2008.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN,O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R.; Applications of *spray-drying* in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**. Vol. 40, p. 1107–1121, 2007.

GOULA , A. M. ; ADAMOPOULOS, K. G.; A new technique for *spray drying* orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Vol. 11, p. 342 – 351, 2010.

GRABOWSKI, J. A.; TRUONG, V. D.; DAUBERT, C. R.; *Spray-drying* of amylase hydrolyzed sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. **Journal of Food Science**. Vol. 71, p. 209 – 217, 2006.

IMM, B.; LEE, J. H.; LEE, S. H.; Sensory quality index (SQI) for commercial food products. **Food Quality and Preference**. Vol. 22, p. 748–752, 2011.

KANDANSAMY, K.; SOMASUNDARAM, P. D.; Microencapsulation of colors by *spray drying* – A review. **International Journal of Food Engineering**. Vol. 8, p. 1-15, 2012.

KEMP, S.E; HOLLOWOOD, T.; HORT, J. **Sensory evolution: A practical handboock**. Wley Blackwell, 1^oEd, p.211, 2009.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**. Vol. 98, p. 385-392, 2010.

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y.; Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**. Vol. 81, p. 321–326, 2003.

KRISHNAIAH, D.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R. Microencapsulation of *Morinda citrifolia* L. extract by *spray-drying*. **Chemical Engineering Research and Design**. Vol. 90, p. 622–632, 2012.

KUNZ, W.; SCHMITT, B.; MEYER, A.; How does perceived firm innovativeness affect the consumer?. **Journal of Business Research**. Vol. 64, p. 816–822, 2011.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicacion de diversos metodos quimicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Food Science and Technology**. Vol. 25, p. 726-732, 2005.

JITTANIT, W.; NITI-ATT, S.; TECHANUNTACHAIKUL, O.; Study of *spray drying* of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. **Chiang Mai Journal Science**. Vol. 37, p. 498-506, 2010.

LANGRISH, T.A.G.; PREMARAJAH, R. Antioxidant capacity of *spray-dried* plant extracts: Experiments and simulations. **Advanced Powder Technology**. Vol. 24, p. 771–779, 2013.

LIU, F.; CAO, X.; WANG, H.; LIAO, X.; Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**. Vol. 204, p. 159–166, 2010.

MARTINS, L. P.; SILVA, S. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. M. C.; Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Vol. 25, p. 23-26, 2003.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S. M.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. N.; Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. Vol. 44, p. 193-201, 2008.

NACZK, M.; FERREDOON SHAHIDI, F.; Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. Vol. 41, p. 1523–1542, 2006.

NIJDAM, J. J.; LANGRISH, T. A. G.; The effect of surface composition on the functional properties of milk powders. **Journal of Food Engineering**. Vol. 77, p. 919–925, 2006.

O'HAGAN, P.; HASAPIDIS, K.; CODER, A.; HELSING, H.; POKRAJAC, G. Particle size analysis of food powders. **Encapsulated and Powdered Foods**. p.215-245, 2005.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. S.; RABELO, L. A.; MANO, A. FERREIRA, R. C. S.; SANT'ANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F.; Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**. Vol. 49, p. 334–344, 2012.

PERI, C.; The universe of food quality. **Food Quality and Preference**. Vol. 17, p. 3–8, 2006.

PENG Z.; LI, J.; GUAN, Y.; ZHAO, G.; Effect of carriers on physicochemical properties, antioxidant activities and biological components of *spray-dried* purple sweet potato flours. **Food Science and Technology**. Vol. 51, p. 348-355, 2013.

PHISUT, N.; *Spray drying* technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**. Vol. 19, p. 1297-1306, 2012.

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

RÉ, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**. Vol. 26, p. 1231-1237, 1999.

RIGHETTO, A.M.; NETTO, F.M. Effect of encapsulating materials on water sorption, glass transition and stability of juice from immature acerola. **International Journal of Food Properties**. Vol.8, p.337-346, 2005.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F., A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. Vol. 76, p.270-276, 1998.

SANTANA, A. A.; OLIVEIRA, R. A.; PINEDO, A. A.; KUROZAWA, L. E.; PARK, K. J.; Microencapsulation of babassu coconut Milk. **Food Science Technology**. Vol. 33, p. 737-744, 2013.

SILVA, Q. J.; MOREIRA, A. C. G.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de ciriguelas (*spondia purpurea L.*). **Alimentos e Nutrição**. Vol. 23, p. 73-80, 2012.

STONE, H. BLEIBAUM, R. N.; THOMAS, H. A.; **Sensory evaluation practices**. Fourth edition. p. 1 - 78, 2012.

THIES, C. Microencapsulation: what it is and purpose. In: VILSTRUP, P. **Microencapsulation of food ingredients**. Surrey, Leatherhead Publishing, p.1-30, 2001.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D.; Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by *spray drying*. **Journal of Food Engineering**. Vol. 88, p. 411–418, 2008.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D.; Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açai. **Revista Inclusão Social Brasília**. Vol. 6, p.70-76, 2013.

VANHONACKER, F.; KÜHNE, B.; GELLYNCK, X.; GUERRERO, L.; HERSLETH, M.; VERBEKE, W.; Innovations in traditional foods: Impact on perceived traditional character and consumer acceptance. **Food Research International**. Vol. 54, p. 1828–1835, 2013.

WALTON, D. E.; MUMFORD, C. J.; *Spray dried* products-characterization of particle morphology. **Institution of Chemical Engineers**. Vol. 77, p. 21 – 38, 1999.

WALTON, D.E.; The morphology of *spray-dried* particles a qualitative view. **Drying Technology**. Vol.18, p.1943-1986, 2000.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Vol.47, p.1801-1812, 1999.

WICHCHUKIT, S.; O'MAHONY, M.; 'Liking', 'Buying', 'Choosing' and 'Take Away' preference tests for varying degrees of hedonic disparity. **Food Quality and Preference**. Vol. 22, p. 60–65, 2011.

YOUSEFI, S.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, S. M.; Effect of carrier type and *spray drying* on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum L.*). **Journal Food Science Technology**. Vol. 48, p. 677–684, 2011.

ANEXOS

Anexo 1



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO

Registro CEP/UFPE: 235/11

Registro CAAE: 0236.0.097.000-11

Área de Conhecimento: Ciências Domésticas/Tecnologia de Alimentos Grupo: III

Instituição de Origem: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Título: Desenvolvimento de produtos alimentícios inovadores a partir de polpas de frutos diversos.

Pesquisador Responsável: Maria Inez Sucupira Maciel

Pesquisadoras: Diana Teresa de B. Cavalcanti, Jackeline de A. Silva e Naira Paes de Moura

O plenário do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco CEP/UFPE, no exercício de suas atribuições legais e em consonância com a Resolução 196/96 do CNS/MS, considera que o estudo objeto deste documento, é pertinente, com metodologia adequada aos objetivos propostos, não apresenta riscos, contém medidas protetoras ao sujeito, apresenta toda documentação exigida e não apresenta agravo ético. Sendo assim o CEP opina favoravelmente ao pleito do pesquisador, considerando o projeto como "APROVADO".

O CEP/UFPE informa ao pesquisador que tem por obrigação:

- Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e/ou do TCLE. Nestas circunstâncias, a inclusão de pacientes deve ser suspensa temporariamente, até a resposta do Comitê, após análise das mudanças propostas;
- Comunicar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do estudo;
- Para pesquisas com duração até 18 meses, apresentar relatório final após o término da pesquisa;
- Para pesquisas com duração acima de 18 meses, apresentar relatório parcial neste período e o final após o término da pesquisa;
- O relatório final deverá ser entregue ao CEP uma via em CD.

Agradecemos a oportunidade de podermos contribuir para o avanço da ciência e na apreciação do referido projeto. Colocamo-nos à disposição, para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Reiteramos votos de sucesso.

Recife, 20 de dezembro de 2011.

Maria Inez Sucupira Maciel
 Presidente do Conselho Nacional de Saúde - CNS
 Prof. Dr. Maria Inez Sucupira Maciel
 Coordenadora Regional de Saúde Pública
 Universidade de Pernambuco

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP/UFPE
 Av. Agamenon Magalhães, s/n São Amaro Recife - PE.
 CEP - 50100-010 - FONE: 3183.3773

Anexo 2



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada "Obtenção de polpa de cajueta (*Spondias purpurea* L.) em pó com propriedades antioxidantes utilizando atomizador", no caso de você concordar em participar, favor assinar ao final do documento. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador (a) ou com a instituição. O critério para inclusão do participante voluntário é ser alfabetizado, gostar de cajueta e o critério de exclusão é a negação dos critérios de inclusão.

NOME DA PESQUISA: "Obtenção de polpa de cajueta (*Spondias purpurea* L.) em pó com propriedades antioxidantes utilizando atomizador"
PESQUISADOR(A) RESPONSÁVEL: Bárbara Denize Mendes de Moraes
ENDEREÇO: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
TELEFONE: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
E-MAIL: barbara_qui@yahoo.com.br

COMITÊ DE ÉTICA
ENDEREÇO: Av. Agamenon Magalhães, s/nº, Santo Amaro, Recife-Pe, CEP: 50.100-010.
TELEFONE: (81) 3183-3775

PESQUISADORES PARTICIPANTES: Maria Inês Suoupirá Maciel
TELEFONE: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

- Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa intitulada: Obtenção de polpa de cajueta (*Spondias purpurea* L.) em pó com propriedades antioxidantes utilizando atomizador, na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, tratando de uma dissertação para obtenção do título de mestre, do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
- A pesquisa terá como objetivo conhecer a aceitabilidade e intenção de compra do cajueta atomizado elaborado no Laboratório de Processamento de Alimentos do DCD/UFRPE.
- Antes de aceitar participar da pesquisa, leia atentamente as explicações que informam sobre o procedimento da pesquisa:
 - a) Cada participante receberá 2 amostras diferenciadas de nectar reconstituído de cajueta. O procedimento terá o tempo de duração de aproximadamente 10 minutos para a degustação das amostras.
 - b) As amostras serão provadas individualmente, e entre as amostras, o participante receberá água para lavagem da cavidade oral e neutralização do paladar.
 - c) O participante receberá uma ficha de avaliação. Os participantes deverão fazer uma avaliação da aparência global, cor, aroma e sabor do nectar reconstituído de cajueta. Título: Teste de aceitação, intenção de compra e preferência do nectar reconstituído de cajueta.
- Durante a sua participação, você poderá recusar a responder a qualquer pergunta ou participar de procedimento(s) que porventura lhe causar algum constrangimento.
- Você poderá se recusar a participar da pesquisa ou poderá abandonar o procedimento em qualquer momento, sem nenhuma penalização ou prejuízo.
- A sua participação na pesquisa será como voluntário, não recebendo nenhum privilégio, seja ele de caráter financeiro ou de qualquer natureza. Entretanto lhe serão garantidos todos os cuidados necessários a sua participação de acordo com seus direitos individuais e respeito ao seu bem estar físico e psicológico.
- A sua participação poderá envolver os seguintes riscos ou desconfortos: pequeno risco, quanto ao desconforto sensorial. Após a análise, o participante receberá água para aliviar o desconforto, caso haja.
- Preveem-se como benefícios da realização da pesquisa:
 - Conhecer a aceitabilidade da cajueta atomizada;
 - Analisar qual das formulações do produto será mais bem aceita;
 - Identificar qual atributo deve ser melhorado;
 - Verificar se o consumidor teria interesse em adquirir o produto;
 - Facilitar a inserção de um novo produto, com estabilidade, no mercado;
 - Maior espaço na comercialização e melhor apresentação do cajueta visando melhor qualidade para um produto para exportação;
 - Melhor apresentação do produto ao mercado consumidor brasileiro;
 - Uma alternativa para melhorar a vida de prateleira do referido fruto.
- Serão garantidos o sigilo e privacidade aos participantes, assegurando-lhes o direito de omissão de sua identificação, ou de dados que possam comprometé-lo. Na apresentação dos resultados não serão citados os nomes dos participantes.
- Os resultados obtidos com a pesquisa poderão ser apresentados em eventos ou publicações científicas.

Anexo 3

NOME DA PESQUISA: "Obtenção de polpa de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) em pó com possíveis propriedades antioxidantes utilizando atomizador"

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: Bárbara Denize Mendes de Moraes

Eu, _____, RG/CPF _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo Obtenção de polpa de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) em pó com possíveis propriedades antioxidantes utilizando atomizador, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora Bárbara Denize Mendes de Moraes sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Recife, __ de _____ de _____.

Assinatura do sujeito ou responsável: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____

Assinatura: _____

Nome: _____

Assinatura: _____