



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



**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DESENVOLVIMENTO E TECNOLOGIA DE
MATERIAIS**

TESE

**AGREGAÇÃO DE VALOR AOS FRUTOS DO GÊNERO *Spondias*:
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE NÉCTAR
PASTEURIZADO E BLEND LIOFILIZADO**

ORIENTADA: Aline Kelly Pedro de Araújo

ORIENTADORES: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata
Prof^ª. Dr^ª. Maria Elita Martins Duarte

Campina Grande-PB
Junho/2018

ALINE KELLY PEDRO DE ARAÚJO

**AGREGAÇÃO DE VALOR AOS FRUTOS DO GÊNERO *Spondias*:
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE NÉCTAR
PASTEURIZADO E BLEND LIOFILIZADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Processos.

Campina Grande-PB

Junho/2018

**AGREGAÇÃO DE VALOR AOS FRUTOS DO GÊNERO *Spondias*:
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE NÉCTAR
PASTEURIZADO E BLEND LIOFILIZADO**

Tese aprovada em ____ de _____ de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata
(Orientador –UFCG/CTRN/ UAEAli)

Prof^a Dr^a. Maria Elita Martins Duarte
(Orientadora – UFCG/CTRN/ UAEAli)

Dr^a. Renata Duarte Almeida
(Examinadora Externa– UFCG/CTRN/ UAEAli)

Dr^a. Ana Paula Trindade Rocha
(Examinadora Interna– UFCG/CTRN/ UAEAli)

Dr. Marcos José de Almeida Gama
Examinador Externo– UFCG/CCT/ UAF)

Dr. Renato Fonseca Aragão
(Examinador Externo– UFCG/CTRN/ UAEAli)

Campina Grande-PB
Junho/2018

Dedico este trabalho a aqueles que dão luz à
minha vida, meus pais, meus irmãos,
sobrinhos e Maria Clara de Moura Santos
Costa.

AGRADECIMENTOS

Á Deus pela existência da sabedoria que é a semente germinadora que transforma nossos sonhos em realidade.

Á Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade da realização do doutorado em Engenharia de Processos.

Aos professores Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Dra. Maria Elita Martins Duarte pela valiosa orientação e ensinamentos.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Renata Duarte Almeida, Dra. Ana Paula Trindade Rocha, Dr. Marcos José de Almeida Gama e Dr. Renato Fonseca Aragão.

Á todos os professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos pelos ensinamentos.

Á Alison Bruno Borges de Sousa pela colaboração em todos os momentos desta pesquisa, pela amizade e carinho.

À Maria Clara de Moura Santos Costa pela amizade, amor e compreensão.

Aos meus pais Aldeide Pedro de Araújo e Francisco das Chagas Pedro; aos meus irmãos: Fábio Pedro de Araújo, Andréia Pedro de Araújo e Fablício de Araújo Pedro; aos meus sobrinhos: Maria Letícia da Silva Araújo e Lorenzo da Silva Araújo pelo amor, carinho e compreensão.

Á todos os meus amigos pela amizade e carinho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVOS	3
REFERÊNCIAS	4
CAPÍTULO I: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NÉCTAR MISTO DE CAJÁ <i>(Spondias mombin)</i> , CAJARANA (<i>Spondias sp.</i>) e SERIGUELA (<i>Spondias purpurea L.</i>)	6
1.1. INTRODUÇÃO	7
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
1.2.1. Frutas tropicais	9
1.2.1.1. Cajá (<i>Spondias mombin</i>).....	10
1.2.1.2. Cajarana (<i>Spondia sp.</i>).....	11
1.2.1.3. Seriguella (<i>Spondias purpurea L.</i>).....	12
1.2.2. Néctar.....	13
1.2.3. Características microbiológicas, físico-químicas, composto bioativos e sensoriais .	15
1.3. MATERIAL E MÉTODOS	19
1.3.1. Obtenção das polpas	19
1.3.2. Obtenção dos blends.....	20
1.3.3. Obtenção dos néctares	20
1.3.4. Análise microbiológica.....	20
1.3.5. Análise físico-química.....	21
1.3.6. Análise sensorial.....	21
1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
1.5. CONCLUSÕES	30

1.6. REFERÊNCIAS	31
CAPÍTULO II: COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE BLEND DE FRUTOS DO GÊNERO <i>Spondias</i> COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MALTODEXTRINA	38
2.1. INTRODUÇÃO	39
2.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	41
2.2.2. Propriedades reológicas	41
2.2.2.1. Caracterização dos fluidos.....	41
2.2.2.2. Modelos reológicos.....	43
2.3. MATERIAL E MÉTODOS	45
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
2.5. CONCLUSÕES	61
2.6. REFERÊNCIAS	62
CAPÍTULO III: CINÉTICA DE CONGELAMENTO DE BLEND DE FRUTOS DO GÊNERO <i>Spondias</i>	66
3.1. INTRODUÇÃO	67
3.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	69
3.2.1. Congelamento.....	69
3.2.1.1. Congelamento lento e rápido.....	69
3.3. MATERIAL E MÉTODOS	71
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
3.5. CONCLUSÕES	82
CAPÍTULO IV: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BLEND DE POLPA DE <i>Spondias</i> EM PÓ PELO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO	85
4.1. INTRODUÇÃO	86
4.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	87
4.2.1. Liofilização	87
4.2.2. Produtos liofilizados.....	89
4.3. MATERIAL E MÉTODOS	91

4.3.1. Caracterização físico-química	92
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
4.5. CONCLUSÕES.....	98
4.6. REFERÊNCIAS.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Frutos de cajá (<i>Spondias mombin</i>).....	12
Figura 1.2. Frutos de cajarana (<i>Spondias sp.</i>)	13
Figura 1.3. Frutos de seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.).....	14
Figura 1.4. Fluxograma de obtenção das polpas.....	20
Figura 2.1. Esquema de classificação dos fluidos segundo comportamento reológico.....	42
Figura 2.2. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F1, com ajuste pelo modelo de Casson.....	48
Figura 2.3. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F1, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk.....	49
Figura 2.4. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F1, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de Waelle.....	49
Figura 2.5. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F2, com ajuste pelo modelo de Casson.....	50
Figura 2.6. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F2, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk.....	51
Figura 2.7. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F2, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de Waelle.....	51
Figura 2.8. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F3, com ajuste pelo modelo de Casson.....	52
Figura 2.9. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F3, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk.....	53
Figura 2.10. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F3, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de Waelle.....	53
Figura 2.11. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F4, com ajuste pelo modelo de Casson.....	54
Figura 2.12. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F4, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk.....	55
Figura 2.13. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> - Formulação F4, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de Waelle.....	55
Figura 3.1. Cinética de congelamento a -25 °C de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%).....	74

Figura 3.2. Cinética de congelamento a -50 °C de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%).....	77
Figura 3.3. Cinética de congelamento a -75 °C de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%).....	79
Figura 3.4. Difusividade térmica efetiva de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina obtida do Modelo de Fourier a) F1-0%, b) F2-10%, c) F3-20% e d) F4-30%)	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Formulações dos blends dos frutos do gênero <i>Spondias</i>	21
Tabela 1.2. Resultados da avaliação microbiológica de néctares mistos de cajá (<i>Spondias mombin</i>), cajarana (<i>Spondias sp.</i>) e seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.).....	24
Tabela 1.3. Resultados das análises físico-químicas de néctares mistos de cajá (<i>Spondias mombin</i>), cajarana (<i>Spondias sp.</i>) e seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.).....	25
Tabela 1.4. Resultados dos compostos bioativos de néctares mistos de cajá (<i>Spondias mombin</i>), cajarana (<i>Spondias sp.</i>) e seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.).....	27
Tabela 1.5. Resultados do teste de aceitação de néctares mistos de cajá (<i>Spondias mombin</i>), cajarana (<i>Spondias sp.</i>) e seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.).....	28
Tabela 1.6. Resultados da intenção de compra e teste de ordenação de néctares mistos de cajá (<i>Spondias mombin</i>), cajarana (<i>Spondias sp.</i>) e seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.).....	29
Tabela 2.1. Concentração de maltodextrina utilizada no blend de frutos do gênero <i>Spondias</i>	45
Tabela 2.2. Modelos matemáticos utilizados para representação dos dados reológicos.....	46
Tabela 2.3. Parâmetros do modelo de Casson, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina a diferentes temperaturas.....	57
Tabela 2.4. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina a diferentes temperaturas.....	58
Tabela 2.5. Parâmetros do modelo de Ostwald-de-Waelle, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) para o blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina a diferentes temperaturas.....	59
Tabela 2.6. Valores da energia de ativação (E_a) do blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina velocidade de rotação de 200rpm.....	60
Tabela 3.1. Concentração de maltodextrina utilizada no blend de frutos do gênero <i>Spondias</i>	71
Tabela 3.2. Valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R^2) das formulações de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a $-25\text{ }^\circ\text{C}$	76
Tabela 3.3. Valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R^2) das formulações de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a $-50\text{ }^\circ\text{C}$	78

Tabela 3.4. Valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R2) das formulações de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a -75 °C.....	80
Tabela 4.1. Concentração de maltodextrina utilizada no blend de frutos do gênero <i>Spondias</i>	89
Tabela 4.2. Valores médios das análises físico-química dos pós de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> obtidos a partir das formulações com 10, 20 e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.....	92
Tabela 4.3. Valores médios das análises físico-química dos pós de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> obtidos a partir das formulações com 10, 20 e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.....	93
Tabela 4.4. Valores médios dos compostos bioativos dos pós de blend de frutos do gênero <i>Spondias</i> obtidos a partir das formulações com 10, 20 e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.....	94

RESUMO

Os frutos do gênero *Spondias*, como cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.) são produzidos principalmente na região Nordeste, apresentam sabor exótico e boas características para agroindustrialização, no entanto os frutos são perecíveis e sazonais, dificultando assim o processamento e a oferta de seus derivados durante todo o ano. Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de agregar valor aos frutos cajá, cajarana e seriguela por meio da elaboração e caracterização de néctares mistos pasteurizados, blend com diferentes concentrações de maltodextrina, bem como o comportamento reológico e a cinética de congelamento do blend destinada à secagem através do processo de liofilização. Portanto, para melhor organização este trabalho foi dividido em quatro capítulos, no **primeiro capítulo**: obteve-se néctares mistos, utilizando-se polpas de cajá (C), cajarana (Cj) e Seriguela (S) elaborando-se quatro formulações (F1, F2, F3 e F4), onde F1= 50% C, 25% Cj e 25% S; F2=25% C, 50% Cj e 25% S; F3= 25% C, 25% Cj e 50% S e F4= 33,33% C, 33,33% Cj e 33,33% S. A Cada formulação foi adicionada água na proporção 1:1 (formulação: água) e açúcar até obter 17° Brix. Realizou-se a caracterização através das análises microbiológicas, físico-químicas, compostos bioativos e sensoriais. No **Segundo capítulo**: determinou-se o comportamento reológico de blend com diferentes concentrações de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%) nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C. No **Terceiro capítulo**: realizou-se as cinéticas de congelamento do blend com diferentes concentrações de maltodextrina (10, 20 e 30%) nas temperaturas de, -25, -50°, -75 °C. No **quarto capítulo**: obteve-se e caracterizou-se blend de polpa de *Spondias* em pó pelo processo de liofilização, utilizando-se três concentrações de maltodextrina (10, 20 e 30%) e três temperaturas de pré-congelamento (-25, -50°, -75 °C). De acordo com os resultados, o néctar da formulação F1 (50% C, 25% Cj e 25% S) apresentou melhor resultado para os compostos bioativos e análise sensorial, sendo esta formulação utilizada para elaboração do blend. Com relação ao comportamento reológico, o blend apresentou carácter não Newtoniano e comportamento pseudoplástico, o modelo de Mizrahi-Berk apresentou melhor ajuste aos dados experimentais. As curvas das cinéticas de congelamento do blend com diferentes concentrações de maltodextrina apresentaram as três fases de congelamento bem

definidas, resfriamento (Fase I), congelamento ou cristalização (Fase II) e pós-congelamento (Fase III) nas temperaturas estudadas (-25, -50 e -75 °C), o modelo de Fourier representou bem a cinética de congelamento, com R^2 acima de 96%; Na caracterização do blend em pó liofilizado, o teor de água, proteínas, lipídeos, cinzas, acidez total titulável, ácido ascórbico e betacaroteno diminuíram com o aumento do teor de maltodextrina, enquanto os valores de sólidos solúveis, açúcares totais, redutores e não redutores, clorofila A, clorofila B e licopeno aumentaram com as maiores concentrações de maltodextrina. A formulação F3 (30% de maltodextrina) temperatura de -75 °C apresentou os melhores resultados para compostos bioativos.

Palavras Chave: (*Spondias mombin*), (*Spondias sp.*), (*Spondias purpurea* L.), comportamento reológico, cinética de congelamento, liofilização.

ABSTRACT

The fruits of the genus *Spondias*, such as cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias* sp.) and seriguela (*Spondias purpurea* L.) are mainly produced in the Northeast region, have exotic flavor and good characteristics for agroindustrialization, however fruits are perishable and seasonal variations, making it difficult to process and supply its derivatives throughout the year. This work was developed with the purpose of adding value to cajá, cajarana and seriguela fruits by means of the elaboration and characterization of pasteurized mixed nectars, blend with different concentrations of maltodextrin, as well as the rheological behavior and freezing kinetics of the blend destined for drying through the lyophilization process. Therefore, to better organize this work was divided into four chapters, in the **first chapter**: mixed nectars were obtained using cajá (C), cajarana (Cj) and Seriguela (S) pulps by making four formulations (F1, F2, F3 and F4), where F1 = 50% C, 25% C18 and 25% S; F2 = 25% C, 50% C18 and 25% S; F3 = 25% C, 25% C and 50% S and F4 = 33.33% C, 33.33% C and 33.33% S. Each formulation was added 1: 1 water (formulation: water) and sugar until obtaining 17 ° Brix. The characterization was carried out through the microbiological, physical-chemical, bioactive and sensorial compounds. In the **second chapter**, the rheological behavior of the blend was determined with different concentrations of maltodextrin (0, 10, 20 and 30%) at temperatures of 10, 20 and 30 ° C. In the **third chapter**, the freezing kinetics of the blend were performed with different concentrations of maltodextrin (10, 20 and 30%) at temperatures of -25, -50, -75 ° C. In the **fourth chapter**, the pulp blend of *Spondias* powder was obtained and characterized by the lyophilization process, using three concentrations of maltodextrin (10, 20 and 30%) and three pre-freezing temperatures (-25, -50 °, -75 ° C). According to the results, the F1 formulation nectar (50% C, 25% Cj and 25% S) presented better results for the bioactive compounds and sensory analysis, being this formulation used to elaborate the blend. With respect to the rheological behavior, the blend presented a non-Newtonian character and pseudoplastic behavior, the Mizrahi-Berk model presented a better fit to the experimental data. The freezing kinetics curves of the blend with different concentrations of maltodextrin presented the three well-defined freezing, cooling (Phase I), freezing or crystallization (Phase II) and post-freezing (Phase III) phases at the temperatures studied (-25, -50 and -75 ° C), the Fourier model represented well the freeze kinetics, with R² above 96%; In

the characterization of lyophilized powder blend, water, proteins, lipids, ashes, titratable total acidity, ascorbic acid and beta-carotene decreased with increasing maltodextrin content, while soluble solids, total sugars, reducing and non-reducing values , chlorophyll A, chlorophyll B and lycopene increased with the highest concentrations of maltodextrin. The F3 formulation (30% maltodextrin) temperature of -75 ° C gave the best results the best results for bioactive compounds.

Key words: *Spondias mombin*, *Spondias sp.*, *Spondias purpurea* L., rheological behavior, kinetics of freezing, lyophilization.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma colheita que excede 40 milhões de toneladas anuais. Aspecto como variedade de espécies, maior produtividade e novas formas de apresentação e industrialização, coloca a fruticultura em destaque no agronegócio nacional (CARVALHO et al., 2017).

As frutas tropicais conquistam cada vez mais o mercado consumidor, devido ao valor nutritivo e aos compostos bioativos, além de apresentar sabor marcante e peculiar (KUSKOSKI et al., 2006). Dentre os frutos que vem despertando interesse científico e especialmente para agroindústria, destacam-se os do gênero *Spondias* (cajarana, umbu, cajazeira, umbu-cajá, e seriguela) (FERNANDES et al., 2005). A polpa de cajá além de apresentar sabor exótico, contém considerável teor de carotenoides (HUMANO; MERCADANTE, 2001). De acordo com Fernandes et al. (2013), os frutos de cajanara (*Spondias spp.*) apresentam uma boa fonte de cálcio, magnésio e potássio. A polpa da seriguela representa uma boa fonte de vitamina C, com baixa quantidade de proteínas e lipídeos e valores significativos de minerais (TACO, 2011).

A maioria das frutas tropicais são altamente perecíveis resultando em perdas pós-colheita, estas perdas podem ser reduzidas com adoção de boas práticas durante a colheita, utilização de tecnologias adequadas e processamento das frutas, que além de reduzir as perdas também oferece produtos fora da época de colheita (SOUSA et al., 2010). No contexto agroindustrial existe um vasto potencial para exploração de frutas nativas e de frutas exóticas, contudo a agregação de valor na forma de produtos processados ainda é um desafio para o desenvolvimento regional. Torna-se relevante acrescentar que a implantação de agroindústrias, além de agregar valor às frutas, proporciona o aproveitamento do excedente de safra, cria empregos permanentes e interioriza o desenvolvimento (COSTA, 2008). O mercado brasileiro de sucos e néctares prontos para beber está em franca expansão, acompanhando a tendência mundial de consumo de bebidas saudáveis, convenientes e saborosas (BEZERRA et al., 2013). Os blends e néctares mistos são elaborados com mais de uma fruta com a finalidade de melhorar as características sensoriais dos componentes isolados, além de poder agregar valor nutricional, seja pelo aumento do teor de vitaminas, seja pela inserção de compostos com características funcionais (MATTIETTO et al., 2006).

Dentre as técnicas utilizadas para manutenção das propriedades físico-químicas, nutricionais e sensoriais em polpa de frutos, destaca-se o congelamento. Esta técnica aumenta a vida de prateleira, no entanto apresenta custos de produção, transporte e armazenamento relativamente elevados (FU; LABUSA, 1997). O estudo da cinética de congelamento fornece dado sobre as fases e tempo do congelamento. Na elaboração de sucos e néctar é importante o estudo do comportamento reológico do produto. De acordo com Bezerra et al. (2013), é crescente a procura por parâmetros reológicos de sucos obtidos de frutas tropicais, no entanto existem poucos estudos relacionados as propriedades reológicas.

A maltodextrina é um dos principais aditivos utilizados para auxiliar na secagem por aspensão e liofilização de polpa de frutas. No entanto, a sua adição à polpa influencia diretamente a viscosidade da mistura e processo de secagem (FERNANDES et al. 2008).

A liofilização consiste na redução da atividade de água dos alimentos a partir do congelamento e subsequente sublimação da água contida nos mesmos (CAVALCANTI MATA et al., 2003). Os produtos liofilizados mantem as características sensoriais e nutricionais, e apresentam uma vida de prateleira superior a 12 meses, desde que sejam embalados e armazenados corretamente (OLIVEIRA; COSTA, 2012).

Por se tratar de frutas perecíveis e sazonais, este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de investigar a combinação das polpas de cajá, cajarana e seriguela na elaboração e caracterização de néctares pasteurizados e blend com diferentes concentrações de maltodextrina, bem como o comportamento reológico e a cinética de congelamento do blend destinada à secagem através do processo de liofilização. Contudo, para organizar a pesquisa, a sequência deste estudo foi subdividida em capítulos, onde no **primeiro capítulo**: Obtenção e caracterização de néctar misto de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.); **segundo capítulo**: Comportamento reológico de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina; **terceiro capítulo**: Cinética de congelamento de blend de frutos do gênero *Spondias*; e no **quarto capítulo**: Obtenção e caracterização de blend de polpa de *Spondias* em pó pelo processo de liofilização.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Elaborar e caracterizar néctar misto (cajá, cajarana e seriguela) pasteurizado e blend com diferentes concentrações de maltodextrina, estudar o comportamento reológico e a cinética de congelamento do blend destinada à secagem através do processo de liofilização.

Objetivos Específicos

- ✓ Elaborar e caracterizar néctar misto de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.) e realizar as análises microbiológicas, físico-químicas, de composto bioativos e sensoriais;
- ✓ Estudar o comportamento reológico de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%), nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C, aplicar os modelos reológicos de Casson, Mizrahi-Berk e Ostwald-de- Weelle (Lei de potência) e verificar qual melhor representa os dados experimentais.
- ✓ Realizar a cinética de congelamento de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%), nas temperaturas de -25, -50 e -75° C;
- ✓ Obter blend em pó de polpas dos frutos de *Spondias* (Caja, cajarana e seriguela) através do processo de liofilização, utilizando-se três concentrações de maltodextrina (10, 20 e 30%) e três temperaturas de pré-congelamento (- 25, - 50° e -75 °C) e caracteriza-los.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, C. V. et al. Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 155-162, 2013.
- CARVALHO, C. et al., **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 9 p.
- CAVALCANTI MATA, M. E. R. M; DUARTE, M. E. M. FIGUEIREDO, R. M. F. **Obtenção de frutos em pó**. Universidade Federal de Campina Grande, Projeto CNPq., 2003, 15p.
- COSTA, R. G.; Importância da Agroindústria para o Desenvolvimento do Semi-árido. 2008. In: I Simpósio em Sistemas Agrosilvipastoris no Semi-árido. Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, **Anais...** Campina Grande. 2008
- FERNANDES, L. F. et al. Influência de métodos combinados na preservação de polpa de cajarana em algumas características químicas, 2005. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais (SBPCFT), João Pessoa, **Anais...** João Pessoa 2005.
- FERNANDES, T. K. S. et al. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.2, p.171-180, 2008.
- FERNANDES, L. G. et al. Avaliação nutricional das polpas *in natura* de *Spondias tuberosa arruda câmara* (umbu), *Spondias purpúrea* L. (ciriguela) e *Spondias sp.* (cajarana do sertão). **Revista Biologia e Farmácia**. v. 9, n. 1, p. 139-147, 2013.
- FU, B.; LABUZA, T. P. Shelf life of frozen foods. In: LABUZA, T. P.; FU, B. **Shelf Life Testing: Procedures and Prediction Methods**. Denver: CRC Press, 1997. Cap. 19. p.377-415.
- HUMANO, P. S.; MERCADANTE, A. Z. Composition of carotenoids from comercial products of cajá (*Spondias lutea*). **Jornal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 14, p. 335-343, 2001.
- KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, n.4, 2006.
- MATTIETTO, R. A.; YANO, Y. B.; VASCONCELOS, M. A. M. **Caracterização de um “Blend” Tropical Elaborado com Polpa de Maracujá, Acerola e Taperebá**. Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 59).
- OLIVEIRA, G. S.; COSTA, 2012. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. 83f., 2012. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2012.

SOUSA, P. H. M. et al. Adição de extratos de Ginkgo biloba e Panax ginseng em néctares mistos de frutas tropicais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 463-470, 2010.

TACO (**Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**)/ NEPA(Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação)-UNICAMP- 4ª Ed. Campinas – SP. NEPA – UNICAM, 2011.164p.

VRIESMANN, L. C., Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): structural characterization of a pectic fraction. **Carbohydrate Polymers**, p. 2-4, 2008.

**CAPÍTULO I: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NÉCTAR
MISTO DE CAJÁ (*Spondias mombin*), CAJARANA (*Spondias sp.*) e
SERIGUELA (*Spondias purpurea* L.)**

1.1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma das maiores diversidade de espécies frutíferas do mundo, algumas das quais ainda são desconhecidas e outras pouco exploradas. Portanto, estudos integrados são necessários no sentido de introduzir essas espécies nativas e não tradicionais na cadeia produtiva (GONDIM et al., 2013).

De acordo com Fernandes et al. (2013), os frutos do gênero *Spondias*, como cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea L.*) são constituídos de espécies muito bem adaptadas à região semiárida, são cultivadas em todo o nordeste brasileiro. Apresentam frutos com sabor agridoce que são consumidos *in natura*, utilizados pela agroindústria como matéria prima para a produção de polpas, doces, geléias, sorvetes, entre outros. Em face de poucos pomares comerciais, as agroindústrias ficam totalmente dependentes da produção obtida do extrativismo, que é sazonal e insuficiente para operacionalização das fábricas durante todo o ano (SOUZA et al., 2006). A utilização destes frutos na agroindustrialização traz a possibilidade de agregar valor a um produto pouco explorado comercialmente devido a sua perecibilidade e sazonalidade (SOUSA et al., 2016).

Os frutos exercem um papel fundamental na nutrição, além de apresentar grandes concentrações de compostos bioativos que neutralizam a ação dos radicais livres, diminuindo o risco de desenvolvimento de várias doenças crônicas degenerativas (AVELLO; SUWALSKY, 2006). Atualmente, observa-se uma nova tendência no consumo alimentar, com uma demanda cada vez maior por alimentos com elevadas propriedades nutricionais e funcionais. Pelo crescente interesse em produtos saudáveis, houve uma expansão na agroindústria de frutas, principalmente aquelas com características sensoriais exóticas (MORZELLE et al., 2011).

Os sucos de frutas tropicais conquistam cada vez mais o mercado consumidor, sendo o Brasil um dos principais produtores. Existe grande diversidade de produtos derivados de frutos e constante inserção de novos produtos no mercado de consumo, os quais, na maioria das vezes, ainda não foram devidamente pesquisados com respeito às suas propriedades e atividades benéficas à saúde (KUSKOSKI et al., 2006). A elaboração de néctar misto fornece aos consumidores novos sabores e tem sido uma tendência do mercado nacional e internacional (ALVARENGA et al., 2016). A combinação entre as polpas de cajá, cajarana e seriguela na elaboração de néctar é algo

novo, portanto objetivou-se elaborar e caracterizar néctar misto de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.).

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1. Frutas tropicais

As frutíferas tropicais são aquelas cujos centros de origem são as zonas tropicais do planeta, que se apresentam sempre cobertas de vegetação. As frutíferas de clima temperado têm como característica básica a perda completa de folhas por ocasião do inverno. As frutíferas de clima subtropical, evidentemente, são as cultivadas nas zonas subtropicais do globo terrestre que, mesmo ocorrendo em regiões de climas mais amenos, não perdem suas folhas no inverno (PEREIRA; RYOSUKE, 2011). A produção brasileira está voltada para frutas tropicais, subtropicais e temperadas, devido à extensão territorial, posição geográfica, solo e condições climáticas. Cerca de 53% da produção brasileira é destinada ao mercado de frutas processadas e 47% ao mercado de frutas frescas (PAGEL, 2009).

O Aumento no consumo de frutas *in natura*, bem como nos níveis de exportações e processamento, têm incentivado a produção brasileira. O Brasil é um dos maiores produtores de frutas, em 2014 ultrapassou 40 milhões colocando-o em terceiro lugar no ranking mundial, perdendo apenas para a China e Índia (REETZ et al., 2015).

A produção de frutíferas nas diversas regiões do Brasil reflete na importância econômica, visto que, é uma das principais atividades na geração de emprego, fonte de renda e desenvolvimento regional. O país apresenta diversas condições edafoclimáticas, possibilitando o cultivo de diferentes frutíferas (RUFINO, 2008).

A região Nordeste do Brasil tem participação importante no agronegócio do país, os frutos tropicais apresentam excelente qualidade e sabor exótico, possuindo boa aceitação no mercado como matéria-prima no preparo de sucos, néctares, geleias, e principalmente de polpa congelada. (SOARES et al., 2006; MATTIETTO et al., 2007; CARVALHO et al., 2008). O gênero *Spondias* pertencente à família das Anacardiaceas compreende cerca de 17 espécies, dentre as quais podemos destacar: cajarana (*Spondias* sp.), cajá (*S. lutea*), seriguela (*S. purpúrea* L.) e umbu (*S. tuberosa*), que são exploradas de forma extrativista em várias áreas tropicais e subtropicais do mundo (MITCHELL; DALY, 1995). As *Spondias* têm reconhecido potencial econômico e despertado o interesse de pesquisadores e produtores, em virtude das possibilidades da utilização de seus frutos no processamento (FERNANDES et al., 2005).

1.2.1.1. Cajá (*Spondias mombin*)

No Brasil, a planta cajazeira é encontrada principalmente nos Estados do Norte e Nordeste, onde seus frutos recebem diferentes denominações, tais como: cajá, cajá verdadeiro, cajá-mirim ou taperebá. Esses frutos têm participação crescente no agronegócio da região Nordeste, principalmente pela comercialização para consumo como fruta fresca e processamento de polpa, que apresenta grande aceitação no mercado pelo seu sabor exótico, excelente qualidade e valor comercial como matéria-prima para o processamento (SOARES et al., 2006).

Considerada como uma árvore frutífera tropical, a cajazeira situa-se entre as frutíferas perenes, seu caráter essencialmente extrativista, ainda permanece na condição de cultivos não domesticados, para os quais inexistem sistemas de produção definidos, produzi frutos nutritivos, saborosos e de grande aceitação de mercado. Trata-se de espécie com potencial socioeconômico promissor no cenário agroindustrial do Nordeste brasileiro (SACRAMENTO; SOUZA, 2000; BOSCO et al., 2000; CAVALCANTE et al., 2009).

No Brasil, as perdas pós-colheita é elevada, principalmente pela falta de conhecimento dos processos fisiológicos dos frutos, das tecnologias, da infraestrutura adequada e da uma logística de distribuição (AZZOLINI, 2002). Os frutos de cajazeira apresentam grande perda pós-colheita decorrente de problemas com a colheita e transporte (SACRAMENTO; SOUZA, 2000). Embora o cajá tenha tido expansão e desenvolvimento de seu cultivo nos últimos anos, por ser um fruto muito perecível e ter sua produção entre 3 a 4 meses por ano, seu consumo *in natura* é muito limitado (OLIVEIRA et al., 2014). Os frutos possuem excelente sabor e aroma, além do rendimento acima de 60% em polpa, e por isso são amplamente utilizados na fabricação de sucos, néctares, sorvetes, geleias, vinhos e licores (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

Desta forma é necessária tecnologias de processamento para conservação a fim de disponibilizá-lo por maiores períodos (OLIVEIRA et al., 2014).

Os frutos de cajazeiras são nuculânios perfumados como mesocarpo carnosos, amarelo, de sabor agridoce, contendo carotenoides, açúcares, vitamina A e C (Figura 1.1). A procura pelos frutos da cajazeira, deve-se principalmente às boas características

para a industrialização, aliadas ao aroma, sabor e propriedade nutricionais e funcionais. (BARROSO et al., 1999).



Figura 1.1. Frutos de cajá (*Spondias mombin*)

De acordo com Sacramento e Souza (2000), os frutos da cajazeira apresentam baixos teores de proteínas (0,80g/100g) e lipídios (0,20g/100g), fazem da polpa de cajá um alimento que fornece um valor energético de aproximadamente 46kcal/100g de fruta (BORA et al., 1991).

1.2.1.2. Cajarana (*Spondia sp.*)

A cajaraneira, pertencente à família Anarcadiaceae, é típica da região Nordeste do Brasil, tendo uma grande importância econômica na produção industrial de sucos e polpas. (LIRA et al., 2005). A cajarana é um fruto climatérico e seu processo de maturação pode ser dividido em cinco estádios distintos de acordo com as características físicas e químicas (MEDEIROS, 2005). É cultivada de forma extrativista, os frutos são comercializados em feiras livres, considerados exóticos, devido seu aroma, sabor diferenciado e cor, havendo consumo *in natura* em todas as regiões do Brasil (ARAÚJO et al., 2011).

O interesse por fontes alternativas de matéria-prima a custos acessíveis aliados ao crescente interesse por alimentos com atributos funcionais justificam maiores esforços de se estudar o potencial do uso industrial de frutas regionais como a cajarana (LIMA, 2010).

A peculiaridade do sabor da cajarana, e sua boa aparência (Figura 1.2), faz com que ela seja procurada e aproveitada nas indústrias de alimentos, na fabricação de

sorvetes, picolés, sucos, iogurtes, polpas e doces. O sabor característico deve-se ao elevado teor de glicídios e vitamina C (GIACOMETTI, 1993; LIRA et al., 2005; RODRIGUES et al., 2010).



Figura 1.2. Frutos de cajarana (*Spondias sp.*)

A Cajarana, assim como o Cajá, pode ser considerada como uma boa fonte de pró-vitamina A, fornecendo valor de vitamina A maior que o caju, a goiaba, mamão e as cultivares de manga Bourbon e Haden (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA 1989). De acordo com Brasil (2002), os frutos apresentam boa fonte de fósforo (67 mg/100g), cálcio (46 mg/100g), além de considerável fonte de vitamina A (34 mg/100g) e vitamina C (36 mg/100g).

2.1.3. Seriguela (*Spondias purpurea L.*)

A serigueleira (*Spondias purpurea L.*), originária da América Tropical, produz a seriguela (Figura 1.3), fruta também chamada ceriguela, ameixa-da-espanha, cajá vermelho, ciroela, jocote, ciruela mexicana, é uma das mais cultivada do gênero *Spondias*. Seus frutos são do tipo drupa de cor vermelho-escuro quando maduro, possui polpa de aroma e sabor agradáveis, é considerado também como fruto tropical perecível que se destaca pela crescente aceitação no mercado (DIAZ-PEREZ et al., 1998; SOUSA et al., 2000). Juntamente com outras espécies do gênero *Spondias*, a seriguela desponta no nordeste brasileiro como uma excelente opção econômica para inúmeros produtores, graças à qualidade dos frutos, os quais são consumidos in natura, ou utilizados no preparo de polpa concentrada, de bebidas fermentadas, sucos e sorvetes (FREIRE, 2001).



Figura 1.3. Frutos de seriguela (*Spondias purpurea* L.)

Os frutos de seriguela são considerados pouco ácidos, fontes de energia, proteínas, carboidratos e sais minerais, apresentam bons níveis de ácido cítrico, principalmente quando verde, e níveis razoáveis de açúcares totais. Pela coloração da casca e da polpa, nos estágios de pré-maduro e maduro, é possível cogitar a presença de componentes fotoquímicos, como carotenóides e flavonóides, além dos macronutrientes e micronutrientes (FIGUEIREDO et al., 2006).

Os resultados de análises de seriguelas frescas realizadas no Brasil, presentes na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, demonstraram que a seriguela, proveniente da maior região produtora, o nordeste do país, possui baixa quantidade de proteína, gordura e teor moderado de calorías, é uma fonte de potássio, fibras e rica em vitamina C (TACO, 2011).

1.2.2. Néctar

Néctar é a bebida não fermentada, obtida da dissolução, em água potável, da parte comestível da fruta e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos. A legislação brasileira recomenda que o produto apresente em sua composição a mistura do mínimo de 30% de suco e polpa integrais de frutas maduras, finamente divididas, água potável, sacarose, ácidos orgânicos e outras substâncias permitidas (BRASIL, 2003).

Atualmente é grande a procura por sabores diversificados em sucos ou néctares de frutos, as empresas privadas vêm desenvolvendo novos produtos para atender esta demanda. Uma alternativa interessante é a combinação de diferentes espécies frutícolas como fontes importantes de princípios nutritivos e compostos bioativos naturais (BRANCO et al., 2007). A mistura de mais de uma fruta para produção de sucos é uma tendência observada no mercado. Esses sucos mistos apresentam vantagens, tais como:

complementação dos nutrientes de diferentes frutas, possibilitando aumento das características nutricionais e desenvolvimento de novos sabores (BARBOSA, 2010).

Com interesse de atender aos anseios da população em relação ao sabor, textura e valor nutricional de sucos, muitas vezes são utilizados “mix”, em que características de dois ou mais tipos de frutas são combinadas para se produzir um produto com características peculiares (BONOMO et al., 2006).

De acordo com a Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009), o néctar misto é a bebida obtida da diluição em água potável da mistura de partes comestíveis de vegetais, de seus extratos ou combinação de ambos, e adicionado de açúcares, destinada ao consumo direto. O néctar cuja quantidade mínima da polpa de fruta ou do suco de fruta ou de vegetal não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico e o néctar misto devem conter, no mínimo, 30% (m/m) (trinta por cento massa/massa) da respectiva parte comestível do vegetal, ressalvado o caso de vegetal com acidez muito elevada ou sabor muito forte e, neste caso, o conteúdo da polpa de fruta ou do suco de fruta ou de vegetal não deve ser inferior a 20% (m/m) (vinte por cento massa/massa) (BRASIL, 2013).

O néctar misto de araticum e maracujá mostrou-se um produto atraente, em função de suas características sensoriais, apresentando potencial tecnológico, principalmente quando relacionado ao aspecto da agregação de valor ao produto do cerrado. As formulações analisadas sinalizaram boas características microbiológicas, demonstrando ser adequadas ao consumo; além disso, apresentaram características físico-químicas próprias do produto. Ambas as formulações de néctar misto podem ser comercializadas no mercado com perspectivas de sucesso, em virtude da boa aceitação pelos consumidores (MORZELLE et al., 2011).

De acordo com Castro et al. (2014), o néctar misto de abacaxi e seriguela apresentam as características mínimas exigidas pela legislação vigente, revelando-se uma boa opção do aproveitamento de produtos sazonais de intensa perecibilidade que viria agregar valor comercial a um néctar tradicional, ampliando as opções de consumo do produto. Segundo Assumpção et al. (2013), o néctar misto de mangaba e cagaita apresentou-se como um produto atraente em função de suas características sensoriais e com grande potencial tecnológico e nutricional. Ambas as formulações analisadas obtiveram boa aceitação pelos consumidores, indicando que o produto pode ser incluído no mercado com boas perspectivas.

Segundo Souza et al. (2015), ocorreu aumento de vitamina C no blend de jenipapo e acerola, à medida que aumentou o teor de polpa de acerola. A ingestão de pequena quantidade do blend de jenipapo e acerola é capaz de suprir as necessidades diárias em vitamina C de um adulto. Os “blends” de suco integral pasteurizado do abacaxi, contendo 5% ou 10% de suco integral pasteurizado de acerola, apresentaram características sensoriais de odor, sabor, consistência e cor similares ao suco integral pasteurizado de abacaxi, com teor de vitamina C cerca de cinco vezes mais alto (MATSUURA; ROLIM, 2002). Matsuura et al. (2004), verificaram que néctares mistos de mamão, maracujá e acerola apresentaram boa aceitação sensorial e um elevado teor de vitamina C, sugerindo potencial sucesso comercial.

1.2.3. Características microbiológicas, físico-químicas, composto bioativos e sensoriais

De acordo com Franco e Landgraf (2007), entre os parâmetros mais importantes que determinam a qualidade de um alimento, sem dúvida estão aqueles que definem as suas características microbiológicas, o que permite avaliá-lo quanto às condições de processamento, armazenamento, distribuição para consumo, vida útil e riscos à saúde da população. Os microrganismos estão associados com a disponibilidade, a abundância e a qualidade do alimento para o consumo humano. Os alimentos são facilmente contaminados por microrganismos na natureza durante a manipulação, e após ter sido contaminado, o alimento serve como meio para o crescimento de microrganismos, podendo até mesmo mudar as suas características físicas, químicas e organolépticas levando-o à deterioração (CUNHA, 2006).

A determinação de acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Um processo de decomposição, seja por hidrólise ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons hidrogênio. Os métodos de determinação da acidez podem ser os que avaliam a acidez titulável ou fornecem a concentração de íons de hidrogênio livres, por meio do pH. Os métodos que avaliam a acidez titulável resumem-se em titular com soluções de álcali-padrão a acidez do produto ou de soluções aquosas ou alcoólicas do produto e, em certos casos, os ácidos graxos obtidos dos lipídios. Pode ser expressa em ml de solução normal por cento ou em gramas do componente ácido principal (IAL, 2008).

A medida do pH é importante para a determinação da possível deterioração do alimento através do crescimento de microrganismos, além de indicar também a atividade de diversas enzimas (CHISTÉ; COHEN, 2005).

Os sólidos solúveis (SS) representam os compostos solúveis em água presentes nos frutos, como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas. O teor de SS é dependente do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e geralmente aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As frutas em particular, contêm substâncias antioxidante distintas, cujas atividades têm sido bem comprovada nos últimos anos. A presença de compostos fenólicos, tais como flavonóides, ácidos fenólicos e antocianinas, além das já conhecidas vitaminas C, E e carotenóides, contribuem para os efeitos benéficos destes alimentos (GORINSTEIN et al., 1999; SILVA et al., 2004). Estes compostos podem atuar como antioxidantes primários, reagindo diretamente com os radicais livres dando lugar a um novo radical menos reativo que o radical livre original ou como antioxidantes secundários potencializando outros sistemas antioxidantes, como certas enzimas (PÉREZ-JIMÉNEZ, 2007).

Os carotenoides formam um dos grupos de pigmentos naturais mais abundantes na natureza. São em geral, responsáveis pelas colorações que vai desde o amarelo ao laranja, na forma de caroteno ou como ésteres de xantofilas, cuja intensidade de coloração depende da quantidade e tipo de pigmento presente (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os carotenoides podem capturar radicais peroxil mediante transferência de elétrons ou sequestro de átomos de hidrogênio, mecanismos estes que levam a formação de uma grande variedade de radicais carotenóides. De fato, em função da posição que ocupa carotenóides na membrana lipídica, estando orientado para a fase aquosa ou para a orgânica, na reação de um carotenóides com um mesmo radical livre, se pode gerar diferentes produtos (EL-AGAMEY et al., 2004). Por outro lado, os carotenóides podem capturar o oxigênio singlete, algo que os polifenóis não podem fazer. Sua capacidade de capturar dependerá do número de duplas ligações presentes na cadeia carbonada. Podem apresentar efeitos sinérgicos com outros antioxidantes como a vitamina E e C (STAHL; SIES, 2005).

A vitamina C ou ácido ascórbico atua na fase aquosa como um excelente antioxidante sobre os radicais livres, mas não é capaz de agir nos compartimentos

lipofílicos inibindo a peroxidação dos lipídeos. Por outro lado, estudos *in vitro* mostram que essa vitamina na presença de metais de transição como o ferro, pode atuar como uma molécula próoxidante e gerar os radicais H_2O_2 e OH , cujos metais, geralmente, estão disponíveis em quantidades muito limitadas (ODIN, 1997). O teor de ácido ascórbico pode variar entre diferentes regiões do País, em função de fatores como temperatura, intensidade de luz e conteúdo de umidade, além do processamento da polpa, que pode afetar bastante a concentração de ácido ascórbico (RUFINO et al., 2009).

Análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. Para isto é preciso que haja entre as partes, indivíduos e produtos, contato e interação. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliado. Nesta avaliação, os indivíduos, por meio dos próprios órgãos sensoriais, numa percepção somato-sensorial, utilizam os sentidos da visão, olfato, audição, tato e gosto (IAL, 2008).

Os testes sensoriais, os quais utilizam os órgãos dos sentidos humanos como “instrumentos”, devem ser incluídos como garantia de qualidade por ser uma medida multidimensional integrada que possui importantes vantagens, pois são capazes de detectar pequenas alterações perceptíveis sensorialmente, as quais, muitas vezes, não são detectadas através de outros procedimentos analíticos (CARDELLO; CARDELLO, 1998).

Segundo Curiale (1991), as alterações sensoriais podem ser sutis no início, mas, posteriormente, tornam o alimento inaceitável, não sendo geralmente detectadas até que um número elevado de microrganismos seja atingido. A população necessária para causar deterioração varia com o alimento e tipo de microrganismo, podendo a vida de prateleira ser estimada com base na densidade microbiana. Outro problema muito comum ocorre devido à atividade enzimática, principalmente das enzimas oxidativas, peroxidase e polifenoloxidase. Suas ações são de grande importância, pois podem causar reações de escurecimento, descoloração de pigmentos e mudanças deteriorativas no sabor, aroma, textura e valor nutricional em alimentos como frutas, vegetais e produtos processados. Podem atuar em vitaminas, como a peroxidase atuando na

redução de pró-vitamina A. A oxidação da vitamina C é um ponto importante nas modificações da cor de uma bebida.

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1. Obtenção das polpas

Os frutos de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea L.*) foram adquiridos com produtores da cidade de Cajazeiras-PB. A obtenção de cada polpa foi realizada em função da sazonalidade de cada fruto de acordo com a safra (seriguela no mês de janeiro, cajarana em fevereiro e cajá em abril). Antes do processamento realizou-se a seleção quanto ao estágio de maturação (frutos com completo estágio de maturação), ausência de danos mecânicos e doenças. Em seguida, foram higienizados em água corrente para retiradas de sujidades e sanitizados com solução clorada (10% de cloro ativo) a 50 ppm por 10 min. e enxaguados. Posteriormente, foram despulpados em liquidificador industrial, peneirado para separação da polpa, sementes e casca. Logo após, acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade com capacidade para 500g e congeladas em freezer a -18 °C, até o momento da obtenção dos blends (Figura 1.4).



Figura 1.4. Fluxograma de obtenção das polpas

1.3.2. Obtenção dos blends

As polpas cajá, cajarana e seriguela foram transportadas em caixas de isopor para o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), *Campus Afogados da Ingazeira*, localizado na microrregião de Pajeú e armazenadas em câmara fria -18 °C.

Definiu-se a porcentagem de polpa através dos 3 componentes (porcentagem de polpa de cajá, porcentagem de polpa de cajarana e porcentagem de polpa de seriguela. O planejamento contendo os 4 tratamentos (formulações) estão representado na Tabela 1.1, foi fixado que cada tratamento deveria ter no mínimo 25% de polpa.

Tabela 1.1. Formulações dos blends dos frutos do gênero *Spondias*

Formulação	Polpa (%)		
	Cajá (C)	Cajarana (Cj)	Seriguela (S)
F1	50,0	25,0	25,0
F2	25,0	50,0	25,0
F3	25,0	25,0	50,0
F4	33,33	33,33	33,33

1.3.3. Obtenção dos néctares

Após a obtenção dos blends (mistura das polpas de cada formulação), realizou-se a elaboração dos néctares, os mesmos foram preparados na proporção 1:1 (50% de cada formulação (Tabela 1.1) e 50% de água), após adicionou-se sacarose de forma a obter néctares com teor de sólidos solúveis final de 17 °Brix. Em seguida, foram homogeneizados, envasados em garrafas de vidro transparente, com capacidade de 500 mL e submetidos ao tratamento térmico (90 °C durante 15 segundos).

1.3.4. Análise microbiológica

As análises microbiológicas constaram de determinação de coliformes a 35 e 45 °C pela técnica de fermentação em tubos múltiplos (SILVA et al., 2001), contagem total de bactérias aeróbias mesófilas pelo método de semeadura em placa com o meio de cultura Plate Count Agar (PCA) com incubação a 35 °C, contagem de fungos filamentosos e leveduras, com plaqueamento utilizando-se meio ágar batata dextrose

agar (BDA), seguida de incubação a 25 °C por 3-5 dias, conforme metodologias recomendadas pela American Public Health Association – APHA (2001).

1.3.5. Análise físico-química

Análises físico-químicas foram realizadas, em triplicata, quanto: Teor de água: baseado na perda de peso de amostra submetida a aquecimento em estufa a 105 °C por 24 horas, segundo Association of Official Analytical Chemists-AOAC (2000). Os resultados foram expressos em %; Resíduo mineral fixo (cinzas): baseado na perda de peso de amostra submetidas a incineração a 550 °C, de acordo com AOAC (2000). Os resultados foram expressos em %; Sólidos Solúveis (SS): determinados com refratômetro manual, segundo AOAC (2000). Os resultados foram expressos em %; Acidez Titulável (AT): Determinada através da diluição de 10g de polpa para 50 mL de água destilada titulada com solução de NaOH 0,1N. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico, pH, determinado através de leitura direta, em pHmetro, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008); Ácido ascórbico (AA)- dosado por titulometria utilizando-se solução de DFI (2,6 diclo-fenol-indofenol 0,02% até coloração róseo claro permanente, utilizando-se 1g de polpa diluído em 50mL de ácido oxálico 0,5% de acordo com Strohecker; Henning (1967), os resultados foram expressos em mg.100⁻¹g de polpa; Clorofila a e b, licopeno e betacaroteno- quantificados por espectrometria, pelo método proposto por Masaijasu; Ichiji (1992), os resultados foram expressos em mg.100⁻¹g.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, as médias, comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

1.3.6. Análise sensorial

Para avaliação sensorial aplicou-se 85 questionários de recrutamento entre os membros da comunidade do IFPE-Campus Afogados da Ingazeira, visando identificar os provadores e quais estariam aptos a participar da análise sensorial. O questionário foi estruturado com oito questões versando sobre gênero, faixa etária, nível de escolaridade, se consumia suco de fruta, a frequência de consumo, se tinha alguma restrição

alimentar, se já haviam consumido suco do gênero *Spondias*, e se gostaria de provar néctar misto de frutos do gênero *Spondias*. Dos 85 recrutados 60 foram selecionados devido às respostas emitidas. O teste sensorial só foi realizado após os resultados das análises microbiológicas.

O teste sensorial foi realizado em cabines individuais, os provadores recrutados e não treinados receberam amostras de cada um dos quatro tratamentos (formulações), simultaneamente, em copos descartáveis de 50 ml, servidas em temperatura de $10\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ (MARCELLINI et al., 2005), apresentadas codificadas com algarismos de três dígitos. Aos provadores foi solicitado o preenchimento da ficha de avaliação sensorial, as amostras foram avaliadas quanto aos atributos cor, aparência, aroma, sabor e impressão global, utilizando a escala hedônica de 9 pontos (9=gostei extremamente; 5=não gostei/nem desgostei; 1=desgostei extremamente). A intenção de compra através da escala hedônica estruturada de 5 pontos (5= Certamente compraria; 3=Talvez compraria/talvez não compraria; 1=Certamente não compraria), Os dados do teste de aceitação foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, as médias, comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

No teste de ordenação o provador foi solicitado a provar as amostras da esquerda para a direita e ordenar as amostras de acordo com a preferência de sabor, em ordem crescente, indicando que o néctar que obtiver maior pontuação será o mais preferido. Para a avaliação dos resultados do teste de ordenação foi utilizada a Tabela de Diferença Mínima Significativa (DMS) (Tabela de Friedmann a 5%) (CHAVES; SPROSSER, 2001; ABNT, 1994).

1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1.2. Resultados das análises físico-químicas de blends de cajá, cajarana e seriguela

Blend	Parâmetros				
	Teor de água (%)	Cinzas (%)	Sólidos solúveis (%)	Acidez (% ácido cítrico)	pH
B1	88,6 ± 0,14	0,667 ± 0,06	13,3 ± 0,06	1,059 ± 0,01	2,92 ± 0,01
B2	88,8 ± 0,07	0,655 ± 0,06	12,9 ± 0,08	1,053 ± 0,01	2,92 ± 0,01
B3	87,1 ± 0,10	0,770 ± 0,04	14,2 ± 0,08	0,895 ± 0,02	3,09 ± 0,02
B4	87,3 ± 0,10	0,690 ± 0,05	13,3 ± 0,07	0,992 ± 0,01	2,95 ± 0,01

Tabela 1.3. Resultados dos compostos bioativos de blends de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.)

Blend	Compostos bioativos (mg.100 ⁻¹ g)				
	Ácido ascórbico	Clorofila a	Clorofila b	Licopeno	Betacaroteno
B1	19,3 ± 0,26	32,6 ^b ±0,47	54,6 ^b ±0,47	14,3 ^b ±0,47	8,3 ^a ±0,47
B2	18,3 ± 0,24	32,3 ^b ±0,47	54,3 ^b ±0,47	14,0 ^b ±0,97	6,3 ^b ±0,47
B3	15,6 ± 0,43	43,3 ^a ±0,47	71,3 ^a ±0,47	18,3 ^a ±0,47	6,0 ^b ±0,00
B4	17,6 ± 0,30	33,0 ^b ±0,00	55,6 ^b ±0,97	12,0 ^c ±0,47	7,0 ^b ±0,00

F1(50% polpa de cajá (C), 25% polpa de cajarana (Cj) e 25% polpa de seriguela(S)); F2 (25% polpa de cajá, 50% polpa de cajarana e 25% polpa de seriguela); F3 (25% polpa de cajá, 25% polpa de cajarana e 50% polpa de seriguela); F4 (33,33% polpa de cajá 33,33% polpa de cajarana e 33,33% polpa de seriguela).

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$).

Na Tabela 1.4 estão apresentados os resultados obtidos na avaliação microbiológica dos quatro néctares mistos de frutos do gênero *Spondias*.

Em todos os néctares avaliados observou-se ausência de coliformes a 35 °C (< 3 NMP/ mL) e a 45 °C (< 3 NMP/ mL), contagem de aeróbios mesófilos (<10 UFC/ mL) e contagem de bolores e leveduras (<10 UFC/ mL). Esses valores estão de acordo com a legislação brasileira vigente, que estabelece ausência de coliformes (BRASIL, 2001). Esses resultados corroboram com os encontrados por Alvarenga et al. (2016), que observaram em néctares mistos de abacaxi e chá verde ausência na contagem de coliformes totais (< 3 NMP/ mL) e contagem de bolores e leveduras (<10 UFC/ mL).

Pinheiro et al. (2006), avaliando a qualidade microbiológica de sucos de frutas integrais de abacaxi, caju e maracujá, verificaram que todas as amostras analisadas estavam dentro dos padrões especificados pela legislação. Morzelle et al. (2011) analisando néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis sims*) e ata (*Annona squamosa* L.), também verificaram que o produto analisado atende aos padrões da legislação em vigor.

Tabela 1.4. Resultados da avaliação microbiológica de néctares mistos de cajá, cajarana e seriguela

Néctar	Coliformes a 35 °C	Coliformes a 45 °C	Mesófilos aeróbios	Fungos e leveduras
	(NMP. mL ⁻¹)	(NMP. mL ⁻¹)	(UFC. mL ⁻¹)	(UFC. mL ⁻¹)
F1	<3,0	<3,0	<10,0	<10,0
F2	<3,0	<3,0	<10,0	<10,0
F3	<3,0	<3,0	<10,0	<10,0
F4	<3,0	<3,0	<10,0	<10,0

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$).

A ausência de microrganismo nos néctares de frutos do gênero *Spondias* pode ser atribuída às boas práticas de fabricação durante a obtenção do produto, a boa qualidade das matérias-primas, ao baixo pH e da destruição promovida pelo processo de pasteurização. De acordo com Freire et al., (2009), esse resultado demonstram boa qualidade sanitária do produto para o consumo, garantindo a inocuidade do produto e aptidão para os testes sensoriais.

Na Tabela 1.5 encontram-se os resultados da caracterização físico-química dos néctares mistos de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.)

O néctar F1 (50% C, 25% Cj e 25% S) e F2 (25% C, 50% Cj e 25% S) apresentaram valores médios de teor de água de 85 e 85,1%, respectivamente, diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) dos néctares F3 (25% C, 25% Cj e 50% S) e F4 (33,33% C, 33,33% Cj e 33,33% S). Os néctares com maior quantidade de polpa de seriguela (F3 e F4) apresentaram menor teor de água, esse resultado pode ser explicado, a polpa de seriguela apresenta menor teor de água e maior teor de sólidos totais em relação à polpa e cajá e cajarana.

Para o parâmetro resíduo mineral fixo (cinzas), observou-se que os néctares F3 e F4 apresentaram maiores teores, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) dos néctares F1 e

F2. De acordo com TACO (2011) a seriguela apresenta teor de cinzas de 0,7g/100g de polpa, enquanto que o cajá 0,4g/100g de polpa. Isto explica o maior teor de cinzas encontrado nos néctares F3 e F4, pois apresentam maiores teores de polpa de seriguela em relação aos néctares F1 e F2.

Tabela 1.5. Resultados das análises físico-químicas de néctares mistos de cajá, cajarana e seriguela

Néctar	Parâmetros				
	Teor de água (%)	Cinzas (%)	Acidez (% de ácido cítrico)	pH	Sólidos Solúveis (%)
F1	85,0 ^a ±0,09	0,228 ^b ±0,00	0,445 ^a ±0,01	2,95 ^c ±0,00	17,0 ^a ±0,00
F2	85,1 ^a ±0,21	0,242 ^b ±0,00	0,443 ^a ±0,00	2,95 ^c ±0,00	17,0 ^a ±0,00
F3	80,6 ^b ±0,78	0,278 ^a ±0,00	0,382 ^b ±0,01	3,07 ^a ±0,00	17,0 ^a ±0,00
F4	80,4 ^b ±0,82	0,272 ^a ± 0,00	0,435 ^a ±0,00	2,97 ^b ±0,00	17,0 ^a ±0,00

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$).

Os valores encontrados para acidez variaram de 0,382 a 0,445% de ácido cítrico (Tabela 1.3). Os néctares F1, F2 e F4 tiveram maiores valores quando comparado a F3, evidenciando que a acidez dos néctares mistos provém principalmente dos ácidos presentes nas polpas de cajá e cajarana. Estes resultados encontram-se acima dos encontrados por Castro et al. (2014), que obtiveram o valor médio de 0,250% para néctar misto de abacaxi e seriguela. E abaixo dos resultados de Mattietto et al. (2007), que encontraram 0,620% de ácido cítrico em néctar misto de cajá e umbu.

O valor médio de pH encontrado no néctar F3 foi de 3,07, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) dos néctares F1 (2,95), F2 (2,95) e F4 (2,97). Os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com os encontrados por Mattietto et al. (2007), que encontraram pH 3,07 em néctar de cajá e umbu; Acima dos encontrados por Damiani et al. (2011) pH 2,72 para néctar de cajá-manga com hortelã; e abaixo dos encontrados por Castro et al. (2014) que obtiveram pH variando de 3,57 a 3,61 em néctar misto de abacaxi e seriguela.

Não ocorreu diferença significativa ($p > 0,05$) para o atributo teor de sólidos solúveis entre os néctares avaliados, já que foi determinado que os néctares deveriam contêm 17% de SS.

Na Tabela 1.6 encontram-se os resultados dos compostos bioativos de néctares mistos de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.)

Quanto ao teor de ácido ascórbico, o néctar F1 obteve maiores valores ($p < 0,05$) quando comparado aos demais néctares (Tabela 1.4). Esse resultado se deve a maior quantidade de ácido ascórbico na polpa de cajá quando comparado às polpas de cajarana e seriguela. Os valores obtidos, no presente trabalho, são inferiores aos obtidos por Mattietto et al. (2007), que encontraram 23,71 mg/100g de ácido ascórbico em néctar misto de cajá e umbu.

O néctar F3 apresentou maior ($p < 0,05$) teor de clorofila a (43,3 mg/100g) e b (71,3 mg/100g) quando comparado aos demais néctares. De acordo com Chitarra; Chitarra (2005), a clorofila é abundante nos frutos de cor verde, isso se deve à presença de clorofila nos cloroplastos. Com o amadurecimento, a clorofila é destruída pela ação da clorofila e outros pigmentos aparecem ou são sintetizados (ROCA; MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2001). Chagas et al. (2015), obtiveram valores médios de clorofila a e b de 6,16 mg/g e 5,68 mg/g, respectivamente em frutos de cajá.

Tabela 1.6. Resultados dos compostos bioativos de néctares mistos de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.)

Néctar	Compostos bioativos (mg.100 ⁻¹ g)				
	Ácido ascórbico	Clorofila a	Clorofila b	Licopeno	Betacaroteno
F1	6,8 ^a ±0,40	32,6 ^b ±0,47	54,6 ^b ±0,47	14,3 ^b ±0,47	8,3 ^a ±0,47
F2	4,4 ^b ±0,30	32,3 ^b ±0,47	54,3 ^b ±0,47	14,0 ^b ±0,97	6,3 ^b ±0,47
F3	4,4 ^b ±0,39	43,3 ^a ±0,47	71,3 ^a ±0,47	18,3 ^a ±0,47	6,0 ^b ±0,00
F4	5,4 ^b ±0,35	33,0 ^b ±0,00	55,6 ^b ±0,97	12,0 ^c ±0,47	7,0 ^b ±0,00

F1(50% polpa de cajá (C), 25% polpa de cajarana (Cj) e 25% polpa de seriguela(S)); F2 (25% polpa de cajá, 50% polpa de cajarana e 25% polpa de seriguela); F3 (25% polpa de cajá, 25% polpa de cajarana e 50% polpa de seriguela); F4 (33,33% polpa de cajá 33,33% polpa de cajarana e 33,33% polpa de seriguela).

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$).

Para o composto bioativo licopeno, observou-se que o néctar F3 apresentou maior ($p < 0,05$) teor deste bioativo, este néctar apresenta em sua composição maior quantidade de polpa de seriguela, fato este que justifica a maior quantidade de licopeno no néctar obtido, pois os frutos da de seriguela quando maduro apresentam coloração amarela ou vermelho-escuro (LEON; SHAW, 1990).

O néctar F1 apresentou maior ($p < 0,05$) teor de betacaroteno 8,3mg/100g em relação aos néctares F2, F3 e F4, estes não diferiram entre si ($p > 0,05$). Mattietto et al. (2007) encontrou 9,85µg/g de carotenoides totais em néctar misto de cajá e umbu. Os carotenoides são importantes não apenas como precursores de vitamina A, mas também porque apresentam considerável atividade antioxidante (RUFINO et al., 2010).

Os resultados da aceitação sensorial de néctares de frutos do gênero *Spondias* avaliados mediante escala hedônica para os atributos aparência, cor, aroma, sabor, e impressão global encontram-se na Tabela 1.7.

Para o atributo aparência e cor houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre o néctar F1 (50% C, 25% Cj e 25% S) e F3 (25% C, 25% Cj e 50% S), no entanto o néctar F1 não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os demais néctares. O néctar F3 contém maior quantidade de polpa de seriguela o que pode ter influenciado nestes atributos, esta apresenta maior consistência/viscosidade dos que as demais, além de coloração que contém maior quantidade de clorofila do que carotenoides, estas características podem ter influenciando nos atributos aparência e cor.

Tabela 1.7. Resultados do teste de aceitação de néctares mistos de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.)

Néctar	Atributos				
	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Impressão global
F1	7,3 ^a ±0,81	7,5 ^a ±1,08	7,2 ^a ±1,00	7,3 ^a ±0,89	7,4 ^a ±0,80
F2	7,0 ^{ab} ±1,32	7,2 ^{ab} ±1,30	7,0 ^a ±1,49	6,8 ^{ab} ±1,39	7,0 ^{ab} ±1,28
F3	6,5 ^b ±1,37	6,8 ^b ±1,65	6,7 ^a ±1,57	6,6 ^b ±1,38	6,7 ^b ±1,28
F4	6,7 ^{ab} ±1,39	7,0 ^{ab} ±1,46	7,0 ^a ±1,33	6,7 ^{ab} ±1,66	6,8 ^b ±1,31

F1(50% polpa de cajá (C), 25% polpa de cajarana (Cj) e 25% polpa de seriguela (S)); F2 (25% polpa de cajá, 50% polpa de cajarana e 25% polpa de seriguela); F3 (25% polpa de cajá, 25% polpa de cajarana e 50% polpa de seriguela); F4 (33,33% polpa de cajá 33,33% polpa de cajarana e 33,33% polpa de seriguela).

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$).

Médias na mesma coluna e com letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Quanto ao atributo aroma não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os néctares avaliados (Tabela 1.7). Os provadores atribuíram que “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” com médias de 7,3; 6,8; 6,6 e 6,7 para os néctares F1, F2, F3 e F4, respectivamente. Esse resultado corroboram com os encontrados com Alvarenga et al. (2016), que não encontraram diferenças significativas

($p > 0,05$) entre as formulações de néctares mistos de abacaxi e chá verde para o atributo aroma.

Para o atributo sabor ocorreu diferenças significativas ($p < 0,05$) entre o néctar F1 e F3, no entanto o néctar F1 não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os néctares F2 e F4. Os provadores indicaram que “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” dos néctares avaliados. Esses resultados são diferentes dos encontrados por Soares et al. (2014), que não observaram diferenças significativas ($p > 0,05$) néctar misto de uva e tangerina.

Para impressão global, observou-se que o néctar F1 (50% C, 25% Cj e 25% S) obteve melhor impressão global ($p < 0,05$) em relação aos néctares F3 (25% C, 25% Cj e 50% S) e F4 (33,33% C, 33,33% Cj e 33,33% S). A média do néctar F1 foi de 7,4, esse resultado foi próximo ao encontrado por Mattietto et al. (2007), que avaliando sensorialmente o néctar misto de umbu e cajá encontrou média de 7,6 para impressão global.

A Tabela 1.8 mostra os resultados para intenção de compra e do teste de ordenação. Observa-se que o néctar F1 (50% C, 25% Cj e 25% S) diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) dos néctares F3 (25% C, 25% Cj e 50% S) e F4 (33,33% C, 33,33% Cj e 33,33% S). Enquanto que o néctar F2 (25% C, 50% Cj e 25% S) não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) dos néctares avaliados. A maior quantidade de polpa de cajá no néctar F1 talvez tenha influenciado nos atributos sensoriais.

Tabela 1.8. Resultados da intenção de compra e teste de ordenação de néctares mistos de cajá (*Spondias mombin*), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.)

Néctar	Intenção de compra [*]	Soma Teste de ordenação [#]
F1	4,0 ^a ± 0,72	189 ^a
F2	3,7 ^{ab} ± 0,85	148 ^b
F3	3,4 ^b ± 0,94	124 ^b
F4	3,5 ^b ± 0,99	139 ^b

F1(50% polpa de cajá (C), 25% polpa de cajarana (Cj) e 25% polpa de seriguela (S)); F2 (25% polpa de cajá, 50% polpa de cajarana e 25% polpa de seriguela); F3 (25% polpa de cajá, 25% polpa de cajarana e 50% polpa de seriguela); F4 (33,33% polpa de cajá 33,33% polpa de cajarana e 33,33% polpa de seriguela).

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Friedman .

No teste de ordenação os provadores ordenaram sua preferência pelo sabor, observou-se através da análise estatística dos resultados, realizada pelo método de Friedman, diferença ($p < 0,05$) entre o néctar (F1) e os demais néctares, indicando que os provadores tem maior preferência pelo sabor do néctar F1. Estes resultados diferem dos encontrados por Bonomo et al. (2006), que não verificaram diferença significativa ($P > 0,05$) entre as formulações de suco misto de graviola e cajá, no teste de ordenação. Freire et al. (2009) também não verificaram diferença ($p > 0,05$) entre as três marcas de polpa cupuaçu congelada (*Theobroma grandiflorum Schum*).

1.5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados microbiológicos, físico-químicos, compostos bioativos e sensoriais dos néctares mistos com polpa de cajá, cajarana e seriguela, permite concluir que:

- Todos os néctares elaborados encontram-se de acordo com a legislação brasileira vigente para as avaliações microbiológicas, observou-se ausência de coliformes a 35 °C e a 45 °C, contagem de aeróbios mesófilos e contagem de bolores e leveduras.
- Quanto aos parâmetros físico-químicos, os néctares F1 com 50% de polpa de cajá + 25% polpa de cajarana + 25% polpa de seriguela e o F2 com 25% de polpa de cajá + 50% polpa de cajarana + 25% polpa de seriguela apresentaram maior teor de água, enquanto que o néctar F3 com 25% de polpa de cajá + 25% polpa de cajarana + 50% polpa de seriguela e o F4 com 33,33% de polpa de cajá + 33,33% polpa de cajarana + 33,33% polpa de seriguela (F4) apresentaram maior teor de cinzas. O néctar F3 apresentou maior pH e a menor acidez.
- Para aos compostos bioativos observou-se que o néctar F1 apresentou maior teor de ácido ascórbico e betacaroteno, enquanto que o F3 maiores teores de clorofila a, b e licopeno.
- Na aceitação sensorial dos quatro néctares, os escores variaram de 6,5 a 7,4, indicando “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. No teste de ordenação o néctar F1 obteve a maior preferência dos provadores.
- O néctar da formulação F1 apresentou melhores resultados de compostos bioativos e na análise sensorial.

1.6. REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **Teste de ordenação em análise sensorial- NBR 13170**. São Paulo: ABNT, 1994.
- ALVARENGA, T. N. V. et al. Desenvolvimento e Avaliação Sensorial de Néctar Misto de Abacaxi e Chá Verde. **Revista ciência e tecnologia**, n. 26, supl. 1, p. 26-31, 2016 .
- REETZ, E. R. **Anuário Brasileiro de Fruticultura 2015**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 13 p.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17 ed. Arlington, 2000.
- APHA - American Public Health Association. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 1 ed. Washington, DC, 2001. 676p.
- ARAÚJO, D. L. et al. Caracterização física e obrix de spondias em diferentes estágios de maturação. **Revista Verde**, v.6, n.5, p. 160 – 165 (edicao especial), 2011.
- ASSUMPCÃO, C. F. et al. Néctar misto de mangaba (*Hancoria speciosa gomes*) e cagaita (*Eugenia dysenterica*): perfil sensorial e características físico-químicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.15, n.3, p.219-224, 2013.
- AVELLO, M.; SUWALSKY, M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de proteccion. Atena, **Concepción**, v. 494, n. 2, p. 161-172, 2006.
- AZZOLINI, M. **Fisiologia pós-colheita de goiabas ‘Pedro Sato’ estádios de maturação e padrão respiratório**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002.
- BARROSO, G. M. et al. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledônea**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 433p.
- BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de misturas de frutas obtido por spray drying. Janaúba: Unimontes**, 2010, 122 p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.
- BONOMO, R. C. F. et al.. Desenvolvimento e avaliação sensorial de um “mix” de polpa congelada à base de cajá (*Spondias mombim L.*) e graviola (*Annona muricata L.*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.1, p.11-15, 2006.
- BORA, P. S. et al. Changes in Physical and Chemical Composition during Maturation os Yellow Mombim (*Spondias mombin*) Fruits. **Food Chemistry**. v.41, p.341-348, 1991.

- BOSCO, J. et al. **A cultura da cajazeira**. João Pessoa: EMEPA-PB, 29p, 2000.
- BRANCO, I.G. et al. Avaliação sensorial estabilidade físico-química de um blend e laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 1, v.27, p.787-792, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto nº .2.314 de 5 de setembro de 1997, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamenta a Lei n.8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 012, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan.2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Alimentos Regionais Brasileiros**. 1ª ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2002
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.12, de 04 de setembro de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical; e os Padrões de Identidade e Qualidade para Néctares.
- BRASIL. **Decreto Federal nº 6.871, de 4 de Junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº 42, de 11 de setembro de 2013**. Altera a quantidade mínima de suco de fruta nos néctares de laranja e uva. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013.
- CARVALHO, P. C. L. et al. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n. 30, v. 1, p. 140-147, 2008.
- CANUTO, G. A. B. et al. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p.1196-1205, 2010.
- CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p. 211-217, 1998.
- CASTRO, D. S. et al. Desenvolvimento e avaliação físico-química de néctar misto de abacaxi (*Ananas comosus*) e Seriguela (*Spondias purpurea*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 06- 09, 2014.

CAVALCANTE, L. F. et al. Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo paraibano paraibano. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 627-632, 2009.

CHAGAS, P. C. et al. Caracterização centesimal e compostos bioativos de frutos de taperebá em diferentes estádios de maturação. 2015 In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças. Aracaju-SE, **Anais...** Aracaju-SE, 2015.

CHAVES, J. B. P.; SPROSSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: UFV, 2001. 81 p.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Caracterização físico-química de amostras de tucupi comercializadas na cidade de Belém-PA. 2005. Tecnologia Agroindustrial – Alimentos. In: III Seminário de Iniciação Científica da UFRA e IX da Embrapa Amazônia Oriental, **Anais...** Belém – PA, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2 ed., Lavras: UFLA, 783p., 2005.

CUNHA, M. A. Métodos de detecção de microrganismos indicadores. **Saúde e Ambiente em Revista**, v. 1, n. 1, p. 09-13, 2006.

CURIALE, M. S. Shelf-life evaluation analysis. Dairy, Food and Environmental Sanitation. **Des Moines**, v. 11, n. 7, p. 364-369, 1991.

DAMIANI, C. et al. Néctar misto de cajá-manga com hortelã: caracterização química, microbiológica e sensorial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.3, p.301-309, 2011.

DÍAZ-PÉREZ, J. C. et al. Cambios físico-químico de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) cosechada en dos diferentes estados de madurez. **Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha**, v.1, n.1, p.20-25, 1998.

EL-AGAMEY, A. et al., Carotenoid radical chemistry and antioxidant/prooxidant properties. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 430, p. 37-48, 2004.

FERNANDES, L. F. et al. Influência de métodos combinados na preservação de polpa de cajarana em algumas características químicas. 2005. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais (SBPCFT), João Pessoa-PB **Anais...** João Pessoa-PB, 2005.

FERNANDES, L. G. et al. Avaliação nutricional das polpas in natura de *Spondias tuberosa arruda* câmara (umbu), *Spondias purpúrea* L. (ciriguela) e *Spondias* sp. (cajarana do sertão). **Revista Biologia e Farmácia**. v. 9, n. 1, p. 139-147, 2013.

FIGUEIREDO, M. B.; PASSADOR, M. M.; COUTINHO, L. N. A ferrugem ou verrugose dos frutos de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) causada por *Elsinoe spondiadis* Watson e Jenkins. **Biológico**, v. 68, n.2, p. 5-7, 2006.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo, Ed.Atheneu, 2007. p. 27-171.

FREIRE, F. C. O. **Uso da manipueira no controle do oídio da cerigueleira: resultados Preliminares**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 2p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico 70, 2001.

FREIRE, M. T. A. et al. Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de polpa de cupuaçu congelada (*Theobroma grandiflorum Schum*). **Brazilian Journal Food Technology**, v. 12, n. 1, p. 09-16, 2009

GIACOMETTI, D.C. **Recursos genéticos de frutíferas nativas do Brasil**. In: Simpósio nacional de recursos genéticos de frutíferas nativas, 1992, Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1993. p. 13- 27.

GONDIM, P. S. et al. Qualidade de frutos de acessos de umbu-cajazeira (*Spondias sp.*) **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11, p.1217–1221, 2013.

GORINSTEIN, S. et al., Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **The Journal of Nutritional Biochemistry**. v. 10, p.367-371, 1999.

IAL-Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**/versão digital. 4ª edição, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, n.4, 2006.

LEON, J.; SHAW, P. E. Spondias: the red mombin and related fruits. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDOWSKI, W.F. (Ed.). **Fruits of tropical and subtropical origin, composition, properties and uses**. Lake Alfred, Flórida, Florida Science Source, 1990. p. 116-126

LIMA, F. S. **Caracterização físico-química e bromatológica da polpa de *spondias sp* (cajarana do sertão)**, 2010, 65p. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos-PB, 2010.

LIRA JÚNIOR, J. S. et al. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias spp.*). **Revista Ciência de Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p. 757-761, 2005.

MAIA, G.A. Production and processing of tropical fruit juices from Brazil. In: **Annals of the 23rd IFU Symposium**, p. 128-139, Havana, 2000.

- MARCELLINI, P. S.; CHAINHO, T. F.; BOLINI, H. M. A. Doçura ideal e análise de aceitação de suco de abacaxi concentrado reconstituído adoçado com diferentes edulcorantes e sacarose. **Alimentos e Nutrição**, v. 16, n. 2, p. 177-182, 2005.
- MASAIJASU, N.; ICHIJI, Y. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **The Japanese Society for Food Science and Technology**. v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.
- MATSUURA, F. C. A. U., ROLIM, R. B., Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.138-141, abril, 2002.
- MATSUURA, F. C. A. U. et al. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. **Scientia Agricola**, v.61, n.6, p.604-608, 2004
- MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.3, p. 456-463, 2007.
- MEDEIROS, A.D. **Caracterização dos estádios de maturação do fruto de cajarana (*Spondias sp.*)**. 2005. 30 f. Monografia (Trabalho de Graduação) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 2005.
- MITCHELL, J. D.; DALY, D.C. Revisão das espécies neotropicais de *Spondias* (Anacardiaceae). 1995. p.207. In: Congresso Nacional de Botânica, 46., 1995, São Paulo. **Anais...**São Paulo: Universidade de São Paulo: 1995
- MORZELLE, M. C. et al. Desenvolvimento e avaliação sensorial de néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis Sims*) e araticum (*Annona crassiflora*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.2, p.131-135, 2011.
- ODIN, A. P. Vitamins as antimutagens: vantagens and some possible mechanisms of antimutagenic action. **Mutation Research**, v. 386, n. 1, p. 39-67, 1997.
- OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1059–1064, 2014.
- PAGEL, G. **Mercado árabe é bom negócio para fruticultores do Brasil**. ANBA- **Agência de Notícias Brasil**, 2009. Disponível em <<http://www2.anba.com.br/noticia/8528356/oportunidades-de-negocios/mercado-arabe-e-bom-negocio-para-fruticultores-do-brasil/>>. Acesso em 09 de abril de 2015.
- PEREIRA, B. **Processamento agregação de valor: Frutas e derivados**. Publicação trimestral do IBRAF: São Paulo, 3 ed., n. 1, p. 19-26, 2006
- PEREIRA, F. M.; RYOSUKE, K. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, E. p. 092-108, 2011.

- PÉREZ-JIMÈNEZ, J. **Metodologia para la evaluación de ingredientes funcionales antioxidantes: efecto de fibra antioxidante de uva em status antioxidante y parâmetros de riesgo cardiovascular em humanos**. 2007. 244p. Tese (doutorado)-Programa de Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
- PINHEIRO, A. M. et al. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2006.
- REETZ, E. R. et al. **Brazilian fruit yearbook 2014**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2015.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. Carotenóides e valor nutritivo de Vitamina A em cajá (*Spondias lutea* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.9, n.2, p.148-162, 1989.
- RODRIGUES, F. F. G. et al. **Análise físico-química de espécies de *spondias* oriundas do cariri cearense**. Caderno de Culturas e Ciência. Ano IV - Vol. 1- Nº 2. 2010
- ROCA, M.; MÍNGUEZ-MOSQUER, M. I. Unusual Carotenogenesis in fruits with pronounced anthocyanic ripening (*Olea europaea* Var. *Arbequina*). **Journal agriculture Foog Chemistry**, v. 49, p. 4414-4419, 2001.
- RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicias brasileiras não tradicionais**. 2008, 263 p. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.
- RUFINO, M.S.M. et al. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a system. **Food Chemistry**, v.114, n.2, p.693-695, 2009.
- RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p.996-1002, 2010.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assisat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Editora Varela, 2001. 229p.
- SOARES, E. B. et al. Caracterização Física E Química De Frutos De Cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 518-519, 2006.
- SOARES, D. J. et al. Desenvolvimento de néctar misto de uva e tangerina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.1, p.1-10, 2014.
- SOUSA, R. P. et al. Armazenamento da ceriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.22, n.3, p.334-338, 2000

SOUSA, R. P. et al. Armazenamento da ceriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.22, n.3, p.334-338, 2000.

SOUSA, F. C. et al. Caracterização do cajá in natura, formulado e liofilizado. **Anais...** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC), 1., 2016. Foz do Iguaçu-PR, 2016

SOUZA, F. X. et al. Crescimento e desenvolvimento de clones de cajazeira cultivados na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.414-420, 2006.

SOUZA, L. S. et al. Processamento e caracterização de um “blend” de jenipapo e acerola. **Journal of Fruits and Vegetables**, v. 1,n. 1,p. 31-34, 2015.

STAHL, W.; SIES, H. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. **Biochemical and Biophysical Acta**, v. 1740, n. 2, p. 101-107, 2005.

STROHECHER, R. HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

TACO (**Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**)/ NEPA(Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação)-UNICAMP- 4ª Ed. Campinas – SP. NEPA – UNICAM, 2011.164p.

**CAPÍTULO II: COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE BLEND
DE FRUTOS DO GÊNERO *Spondias* COM DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES DE MALTODEXTRINA**

2.1. INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira produziu menos nos últimos anos impactados pelas condições climáticas desfavoráveis em várias regiões, apesar da redução na produção o país continua sendo um dos maiores produtores de frutos ocupando o terceiro lugar no *ranking* mundial, perdendo apenas para China e Índia. (CARVALHO et al., 2017).

De acordo com Sousa et al. (2010), a maioria das frutas tropicais são altamente perecíveis, resultando em perdas pós-colheita enormes, a redução destas perdas podem ser minimizadas através do processamento do fruto *in natura* na elaboração de produtos. Os frutos do gênero *Spondias*: cajá (*Spondias lutea* L.), cajarana (*Spondias sp*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.), são frutos apreciados nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. São frutos sazonais que apresentam grande perda pós-colheita. A industrialização de polpa de frutas é umas das alternativas na redução das perdas e na oferta dos produtos na época da sazonalidade (MATTIETTO et al., 2007). As propriedades funcionais de frutas tropicais podem ser exploradas para melhorar a aceitabilidade dessas frutas, além de contribuir para o desenvolvimento econômico do Norte e Nordeste do Brasil. Sendo recomendado o desenvolvimento de novos produtos com propriedades funcionais, como sucos mistos, visando à agregação de valor as frutas tropicais tradicionais e não tradicionais (PEREIRA, 2014). A elaboração de blend é inovador, busca o equilíbrio na junção de fatores que tenham como objetivo proporcionar o enriquecimento nutricional e funcional, sem deixar de lado o aspecto sensorial do produto (MOURA et al., 2014).

Segundo Vidal et al. (2004), a inexistência de dados reológicos para blend de sucos poderá levar a indústria a aplicar, no processamento desses sucos, condições semelhantes às aplicadas na produção de suco de laranja. Apesar das diferenças características de cada fruta, acarretando erros grosseiros tanto do produto como do processo. Assim, na elaboração de um produto, independentemente dos tipos de fruta utilizados, há necessidade de estudar o comportamento reológico específico, ou então aplicar uma metodologia para predizer essas propriedades (BRANCO; GASPARETTO, 2005). De acordo com Bezerra et al. (2013), é crescente a procura por parâmetros reológicos de sucos obtidos de frutas tropicais, no entanto existem poucos estudos relacionados as propriedades reológicas.

Diante da escassez de informações, objetivou-se estudar o comportamento reológico de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina e temperaturas.

2.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2.2. Propriedades reológicas

A reologia é a ciência que estuda as propriedades mecânicas dos materiais, os quais determinam seu escoamento por forças externas (BIRD et al., 2002).

Os dados reológicos são importantes para a indústria de alimentos, a estabilidade e aparência dos alimentos frequentemente dependem das características reológicas e de seus componentes. A importância do conhecimento do comportamento reológico dos derivados de frutas está na sua utilização como medida de qualidade além de ser indispensável em projetos, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos, porém de essencial importância na economia de energia (HAMINIUK, 2005). Nos sucos de frutas, alguns de seus constituintes têm especial influência sobre o seu comportamento reológico, sendo um deles representado pelos sólidos insolúveis suspensos (QUEIROZ et al., 2000).

Segundo Bobbio; Bobbio (2003) o comportamento de maior ou menor fluidez de um material depende da interação física entre as moléculas que o compõem e essa interação depende principalmente das forças de atração e repulsão entre as moléculas. Durante o processamento, armazenamento, comercialização e consumo, alimentos fluidos apresentam diferentes concentrações e estão sujeitos a diversas temperaturas. O conhecimento do comportamento reológico de sucos de frutas é fundamental em engenharia de processos e equipamentos. (SILVA et al., 2005).

A reologia abrange diferentes propriedades associadas à deformação da matéria. A principal é a viscosidade, que consiste na capacidade de um líquido resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento) (VRIESMANN, 2008).

2.2.2.1. Caracterização dos fluidos

Os fluidos podem ser classificados de acordo com o comportamento reológico apresentado, que podem ser determinados por medidas da tensão em função da taxa de cisalhamento (Figura 2.1).

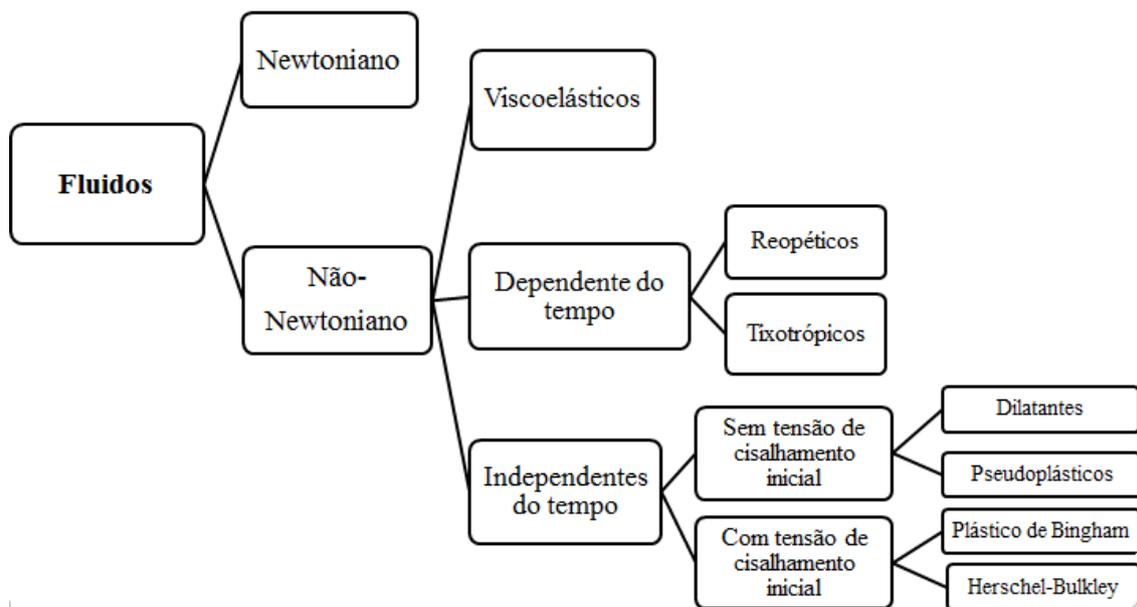


Figura 2.1. Esquema de classificação dos fluidos segundo comportamento reológico
 FONTE: STEFFE (1996)

O comportamento dos fluidos está dividido em newtonianos e não-newtonianos. Sendo os newtonianos caracterizados por uma relação linear entre tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento aplicada, dependendo apenas da temperatura e da composição do fluido (SCHUMACHER, 2009).

O fluido é chamado não-Newtoniano se as interações entre seus componentes afetam a velocidade de deformação causada por forças externas, resultando na não proporcionalidade entre a taxa ($\dot{\gamma}$) e a tensão de cisalhamento (τ) (Bobbio, 1995; CÁNOVAS; IBARZ, 2002). Os fluidos não-Newtonianos podem ser independentes ou dependentes do tempo. A viscosidade nesses casos, mesmo em temperaturas fixas, não é uma constante sendo denominada viscosidade aparente (η_{ap}) (RAO, 1999).

O fluido-newtoniano é o fluido cuja viscosidade é invariável quando a temperatura é constante (HAMINIUK, 2007). Já fluidos não-newtonianos tem uma viscosidade que pode variar com a mudança da taxa de cisalhamento ou a tensão de cisalhamento para as diversas formas de fluidos (CASTRO, 2007). Para fluidos não-newtonianos o termo viscosidade (μ) é substituído por viscosidade aparente (η_{ap}).

2.2.2.2. Modelos reológicos

Os modelos reológicos são usados para uma melhor descrição do comportamento dos fluidos, permitindo relacionar as propriedades reológicas com outras grandezas, como concentração, temperatura e índice de maturação. O conhecimento destas grandezas é indispensável no controle em linhas de produção, no projeto e dimensionamento dos processos (BRANCO, 1995).

A definição de modelos adequados à descrição do escoamento é necessária ao projeto de tubulações e de bombas e aos sistemas de agitação e de mistura. O efeito da temperatura e da concentração sobre o comportamento reológico precisa ser conhecido para o entendimento e dimensionamento de operações unitárias tais como tratamento térmico e concentração (SILVA et al., 2005).

Modelo Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência)

O modelo de Ostwald-de-Waelle, que também pode ser encontrado com a denominação de Lei da Potência, é um dos modelos mais utilizados para descrever o comportamento dos fluidos não-newtonianos, pseudoplásticos ($n < 1$) e dilatantes ($n > 1$) em amplas faixas de taxa de deformação. Quando o valor de n é maior que a unidade, o fluido é classificado como dilatante, ou seja, a taxa de aumento da tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da taxa de deformação. (RAO; ANANTHESWARAN, 1982). A representação matemática dos fluidos que possuem este comportamento é dada pela equação (2.1):

$$\sigma = K (\dot{\gamma})^n \quad (2.1)$$

Onde:

σ = tensão de cisalhamento (Pa); $\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s^{-1}); K = índice de consistência ($Pa \cdot s^n$); n = índice de comportamento do fluido (adimensional).

De acordo com Navarro (1997), através da Equação se observa que a equação se reduz ao modelo de Newton quando o índice de comportamento do fluido $n = 1$. Como o índice de consistência (K) não varia com a tensão de cisalhamento nem com taxa de deformação, é o índice n que fará a distinção entre os comportamentos dos fluidos e,

desta maneira, quanto mais distante o n do fluido estiver do valor unitário, mais distante também o fluido estará do comportamento newtoniano.

Para $n > 1$, o fluido é dilatante;

Para $n = 1$, o fluido é newtoniano;

Para $n < 1$, o fluido é pseudoplástico.

Modelo de Casson

O modelo de Casson foi desenvolvido para uma suspensão de partículas interagindo em um meio newtoniano. É muito utilizado por ser simples e de fácil compreensão, além de ser necessário se observar que os valores encontrados de tensão inicial são extrapolações dos dados de tensão de cisalhamento e da taxa de deformação, ou seja, são parâmetros de ajuste estatístico e não propriedades de um material (BRANCO; GASPARETTO, 2003). A representação matemática dos fluidos que possuem este comportamento é dada pela equação (2.2):

$$\sigma^{0,5} = K_{0C} + K_C (\gamma)^{0,5} \quad (2.2)$$

onde:

σ = tensão de cisalhamento (Pa)^{0,5}; K_{0C} = tensão de cisalhamento inicial (Pa)^{0,5}; K_C = viscosidade plástica de Casson (Pa.s)^{0,5}; γ = taxa de deformação (s⁻¹).

Modelo de Mizrahi-Berk

Este modelo foi proposto por Mizrahi-Berk (1972) para demonstrar o comportamento reológico do suco de laranja concentrado; foi desenvolvido com base em um modelo de suspensão interagindo com partículas em um solvente pseudoplástico (PELEGRINE et al., 2000), é um modelo derivado de uma modificação da equação de Casson, expresso pela Equação (2.3):

$$\sigma^{0,5} = K_{0M} + K_M (\gamma)^n \quad (2.3)$$

Onde:

σ = tensão de cisalhamento (Pa)^{0,5}; K_{0M} = raiz quadrada da tensão inicial (Pa)^{0,5}; K_M = índice de consistência (Pa). (s⁻¹); γ = taxa de deformação (s⁻¹); n = índice de comportamento do fluido (adimensional).

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se polpas dos frutos de cajá (*Spondias mombin* L.), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.). Após a obtenção das polpas acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade com capacidade para 500g e armazenadas em freezer a -18 °C. As polpas foram transportadas em caixas de isopor para o Laboratório de Tecnologia do Frio (LATEF), da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, PB, armazenadas em freezer - 18 °C.

O blend foi elaborado utilizando-se as polpa de cajá, cajarana e seriguela na proporção 2:1:1, respectivamente. Após a pesagem de cada polpa realizou-se a homogeneização em liquidificador industrial por três minutos, em seguida ocorreu à elaboração das formulações, a maltodextrina MOR-REX® 1910, dextrose equivalente 10 da Ingredion foi adicionada ao blend nas concentrações de 0; 10; 20 e 30% (Tabela 2.1), homogeneizando-se em liquidificador industrial por cinco minutos.

Tabela 2.1. Concentração de maltodextrina utilizada no blend de frutos do gênero *Spondias*

Formulação	Blend (Polpa de cajá, cajarana e seriguela)	Maltodextrina DE 10 (%)
F1	2:1:1	0
F2	2:1:1	10
F3	2:1:1	20
F4	2:1:1	30

As medidas reológicas do blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%) foram realizadas em triplicata, nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C à pressão ambiente, utilizou-se um viscosímetro programável DV-II rotativo marca Brookfield. Na determinação das medidas utilizou-se os *spindle* de número 3 e 4, nas velocidades de rotação de 50, 60, 70, 80, 100, 120, 135, 140, 150, 160, 180 e 200 rpm. Utilizou-se um banho termostaticado com aquecedor e bomba de circulação, um reservatório encamisado com capacidade de 200 mL onde foram colocadas 150 mL de amostra para obtenção das leituras no viscosímetro.

Com os dados experimentais obtidos no viscosímetro para as diferentes amostras, calcularam-se as tensões de cisalhamento e as taxas de deformação, para as diferentes velocidades de rotação e para as diferentes temperaturas, utilizando-se a metodologia proposta por Mitschka (1982). Na Tabela 2.2 são apresentados os modelos reológicos de Casson, Mizrahi–Berk, Herschel–Bulkley e Ostwald-de-Waelle, os quais foram ajustados os valores experimentais de tensão de cisalhamento e da taxa de deformação, para descrever o comportamento reológico das amostras, a realização dos modelos matemáticos aos dados experimentais foi aplicado à análise de regressão não linear, pelo método Quase-Newton, utilizando-se o programa computacional STATISTICA versão 8.0.

Tabela 2.2. Modelos matemáticos utilizados para representação dos dados reológicos

Modelo	Equação
Ostwald-de-Waelle	$\tau = K(\dot{\gamma})^n$ (2.1)
Casson	$\tau^{0,5} = K_{0C} + K_C \dot{\gamma}^{0,5}$ (2.2)
Mizrahi-Berk	$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_M \dot{\gamma}^{n_M}$ (2.3)

Em que: τ - tensão de cisalhamento (Pa); $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1}); K - índice de consistência ($Pa.s^n$); K_{0M} - raiz quadrada da tensão inicial (Pa); K_M - índice de consistência ($Pa.s^n$); n - índice de comportamento do fluido (adimensional); n_M - índice de comportamento do fluido (adimensional); $K_{0C}^2 = \tau_{0C}$ - tensão de cisalhamento inicial (Pa); K_C - viscosidade plástica de Casson ($Pa.s$).

Como critério de seleção para o modelo que melhor representou os dados experimentais, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2), desvio quadrático médio (DQM) e o desvio percentual médio (P), calculado pelas Equações (2.4 e 2.5).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (TC_{pre} - TC_{exp})^2}{n}} \quad (2.4)$$

Em que: DQM= quadrado médio dos desvios, %; TC_{pre} = valores preditos pelo modelo; TC_{exp} = valores obtidos experimentalmente; n = número de dados experimentais

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\dot{\gamma}_{exp} - \dot{\gamma}_{teor}|}{\dot{\gamma}_{exp}} \quad (2.5)$$

Em que: P =desvio percentual médio,%; χ_{exp} = valor experimental; χ_{teor} = valor predito pela equação.

Para a avaliação do efeito da temperatura sobre os valores da viscosidade aparente do blend de frutos do gênero *Spondias* foi utilizada a equação de Arrhenius. O valor da viscosidade aparente (Pa.s) em função do inverso da temperatura (K^{-1}) correspondente à taxa de deformação 90s^{-1} próximo ao valor de agitação usual na indústria que é de 100s^{-1} (KROKIDA, MAROULIS e SARAVACOS, 2001), foi graficado com auxílio do programa computacional Origin 6.0, fazendo-se a regressão linear dos dados e obtendo-se os coeficientes da equação, a partir dos quais se calculou a energia de ativação pela equação (2.6):

$$\eta = \eta_0 \exp\left[\frac{E_a}{RT}\right] \quad (2.6)$$

Em que: η - viscosidade aparente (Pa s); η_0 – viscosidade aparente inicial (Pa s);
T - temperatura absoluta (K); R - constante universal dos gases (0,008314 kJ/mol.°C);
Ea - energia de ativação para viscosidade (kJ/mol).

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2.2 a 2.4, são apresentadas as curvas de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação de blend de frutos do gênero *Spondias* da formulação F1 (0% maltodextrina) avaliados à temperatura de 10, 20 e 30 °C, onde os pontos representam os dados experimentais médio e suas respectivas curvas de ajuste obtidas com a utilização dos modelos reológicos de Ostwald-de Waelle, Casson e Mizrahi-Berk.

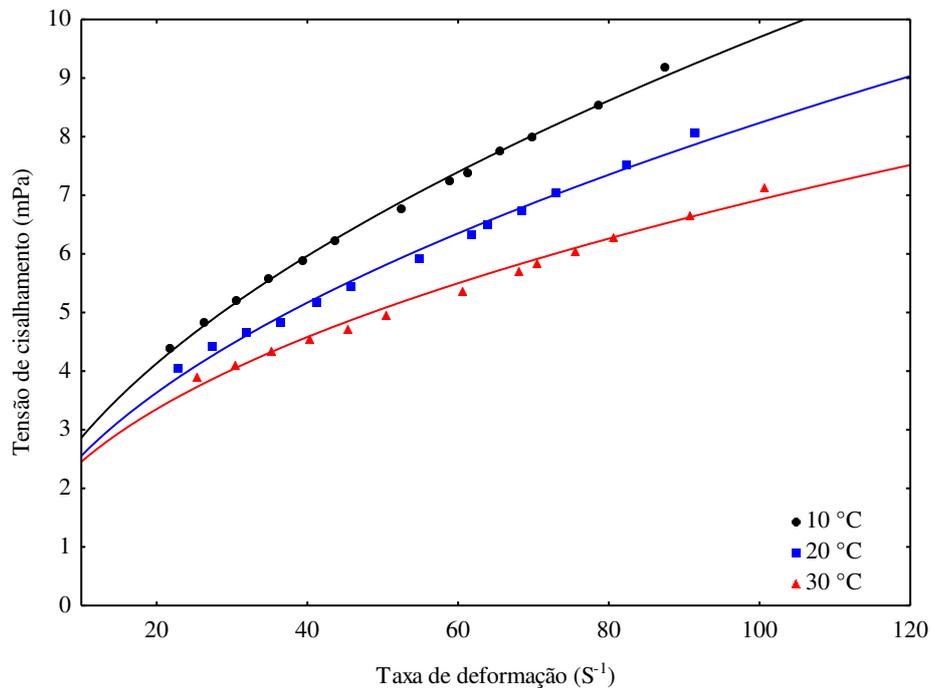


Figura 2.2. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F1, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de Waelle

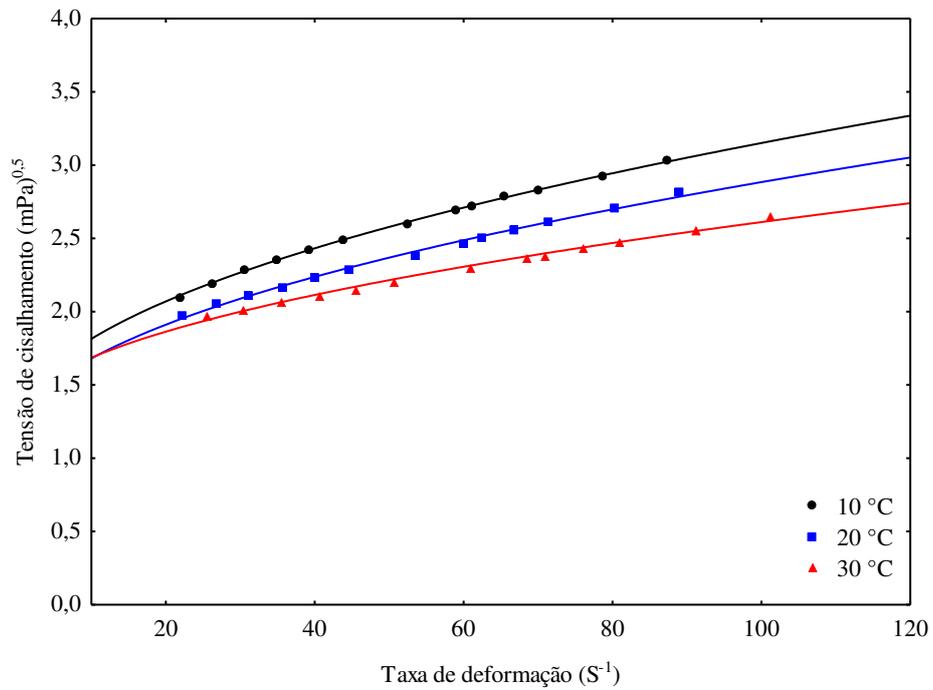


Figura 2.3. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F1, com ajuste pelo modelo de Casson

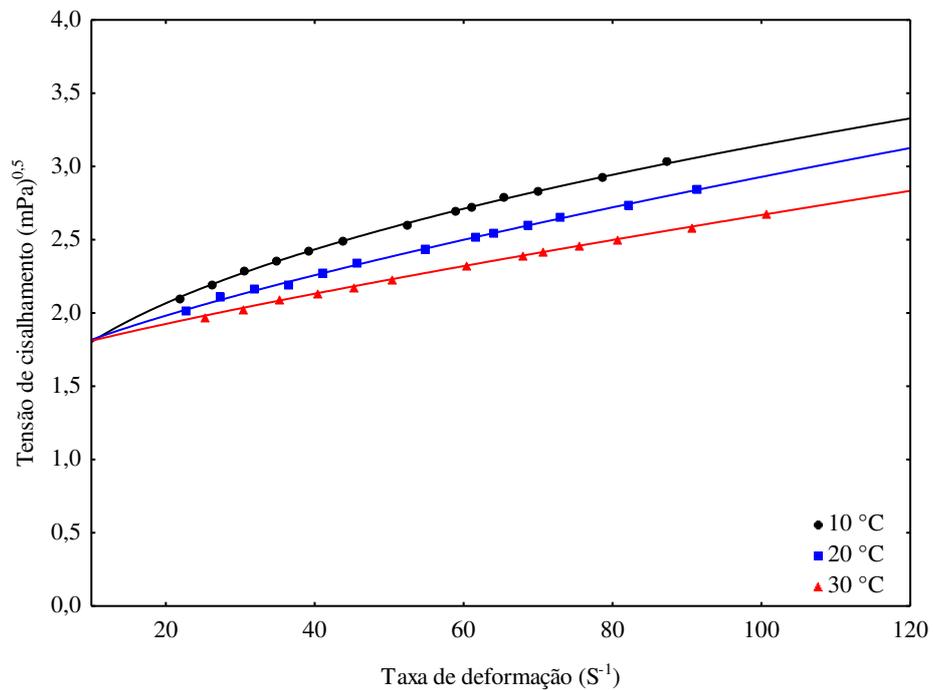


Figura 2.4. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F1, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk

As figuras 2.5 a 2.7, ilustram as curvas de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação de blend de frutos do gênero *Spondias* da formulação F2 (10% maltodextrina) avaliados à temperatura de 10, 20, e 30 °C, onde os pontos representam os dados experimentais com as respectivas curvas de ajuste obtidas com a utilização dos modelos reológicos de Ostwald-de Waelle, Casson e Mizrahi-Berk.

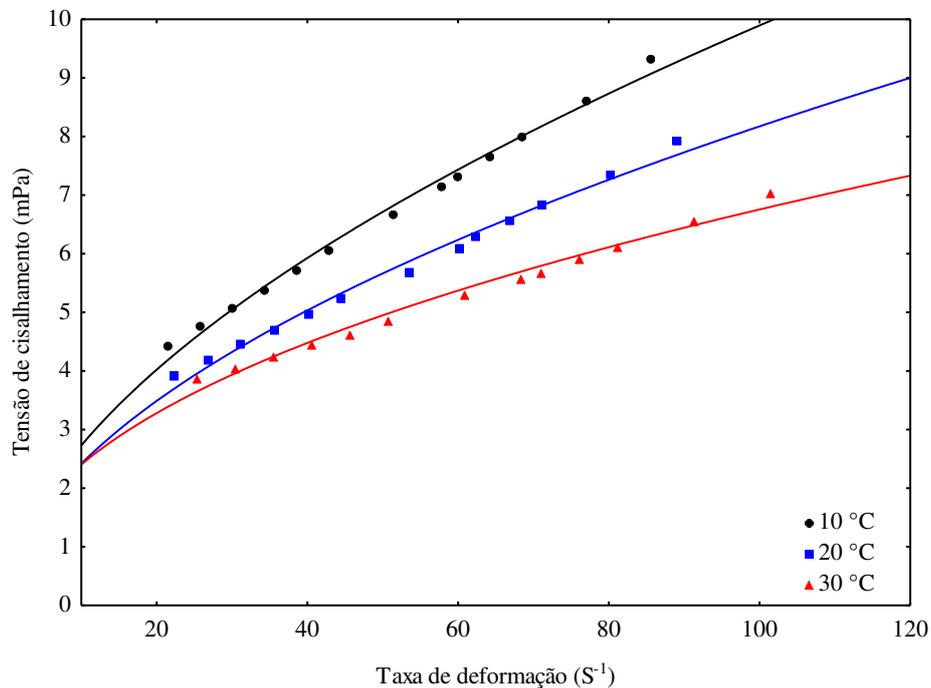


Figura 2.5. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F2, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de Waelle

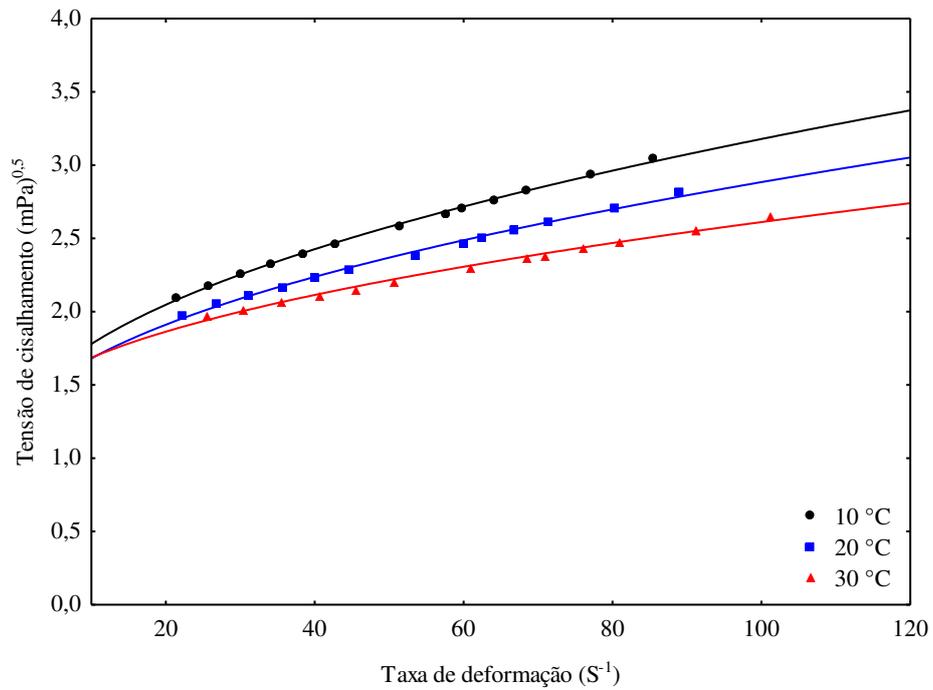


Figura 2.6. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F2, com ajuste pelo modelo de Casson

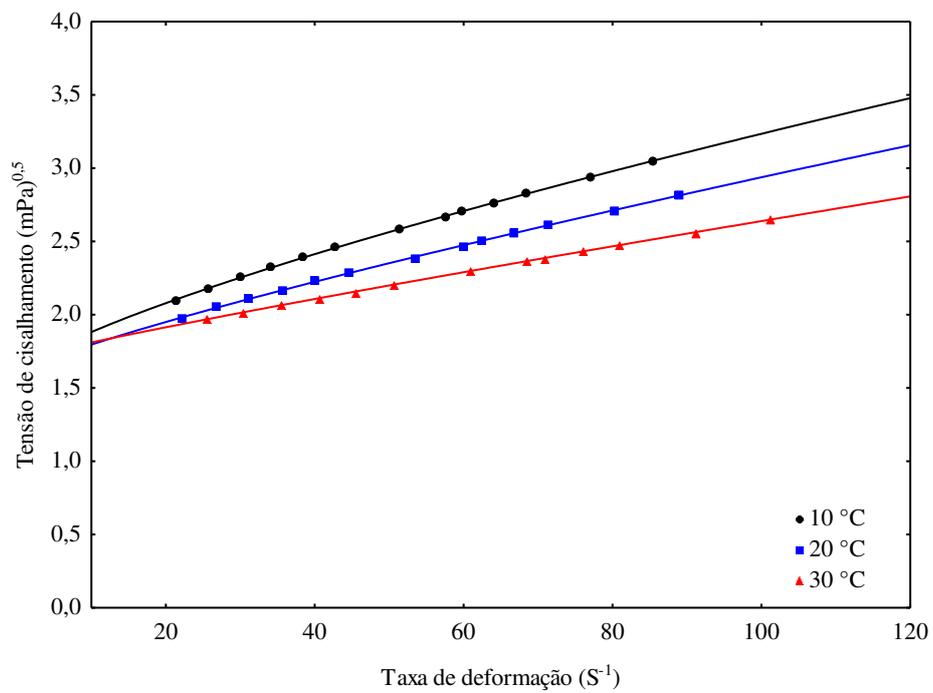


Figura 2.7. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F2, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk

Nas Figuras 2.8 a 2.10, são apresentadas as curvas de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação de blend de frutos do gênero *Spondias* da formulação F3 (20% maltodextrina) avaliados à temperatura de 10, 20 e 30 °C, onde os pontos representam os dados experimentais com as respectivas curvas de ajuste obtidas com a utilização dos modelos reológicos de Ostwald-de Waelle, Casson e Mizrahi-Berk.

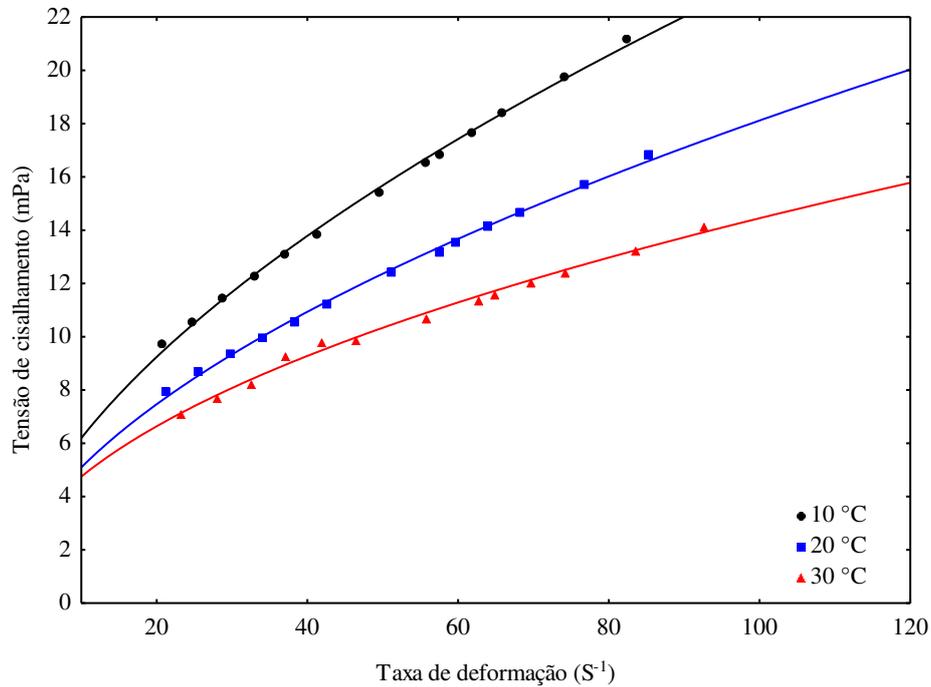


Figura 2.8. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F3, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de Waelle

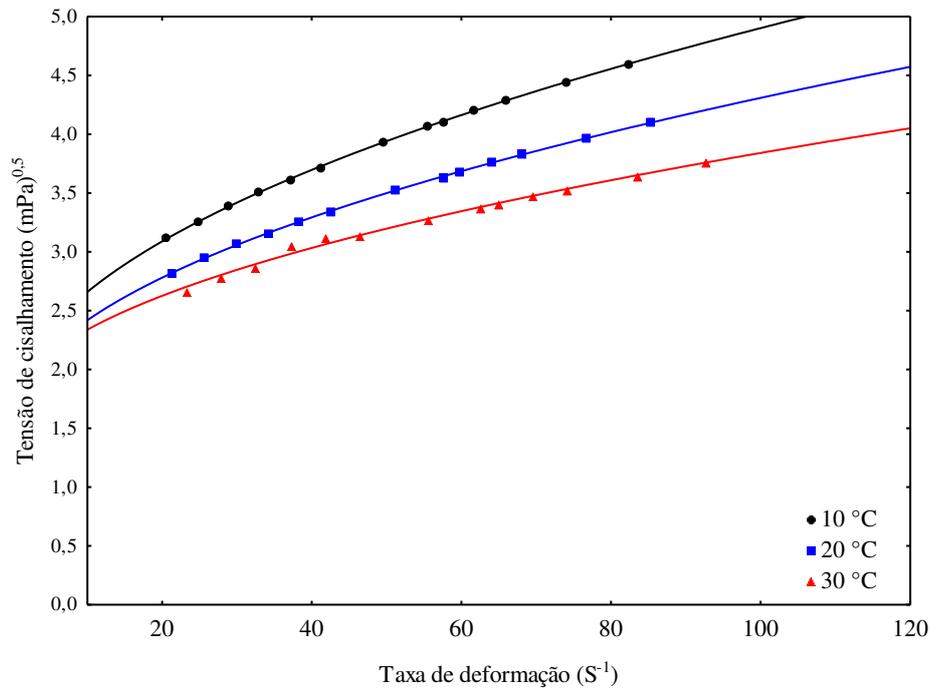


Figura 2.9. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F3, com ajuste pelo modelo de Casson

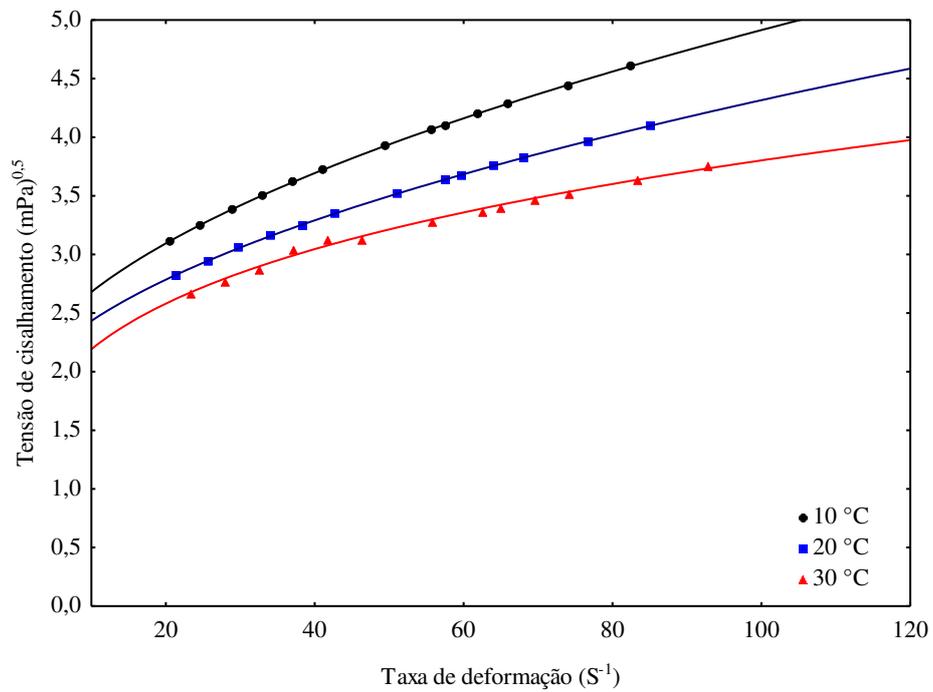


Figura 2.10. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F3, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk

As figuras 2.11 a 2.13, ilustram as curvas de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação de blend de frutos do gênero *Spondias* da formulação F4 (30% maltodextrina) avaliados à temperatura de 10, 20 e 30 °C, onde os pontos representam os dados experimentais com as respectivas curvas de ajuste obtidas com a utilização dos modelos reológicos de Ostwald-de Waelle, Casson e Mizrahi-Berk.

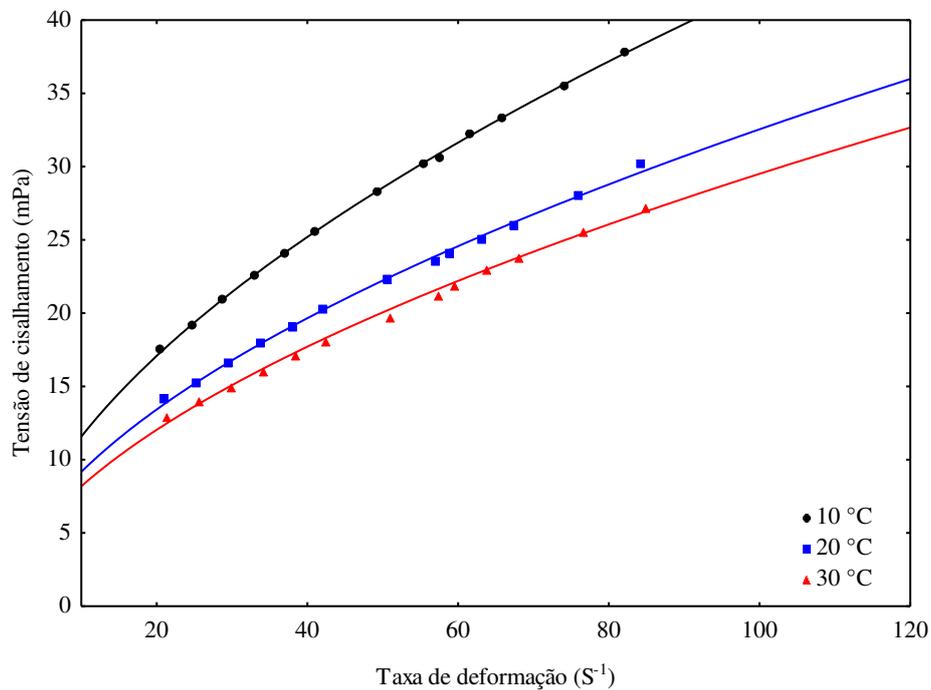


Figura 2.11. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F4, com ajuste pelo modelo de Ostwald-de Waelle

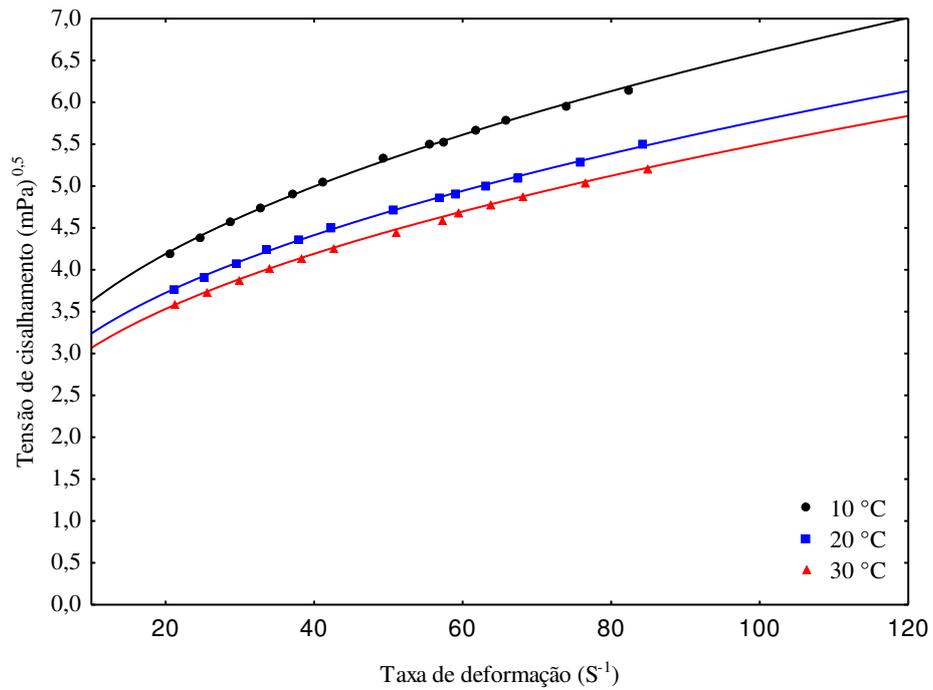


Figura 2.12. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F4, com ajuste pelo modelo de Casson

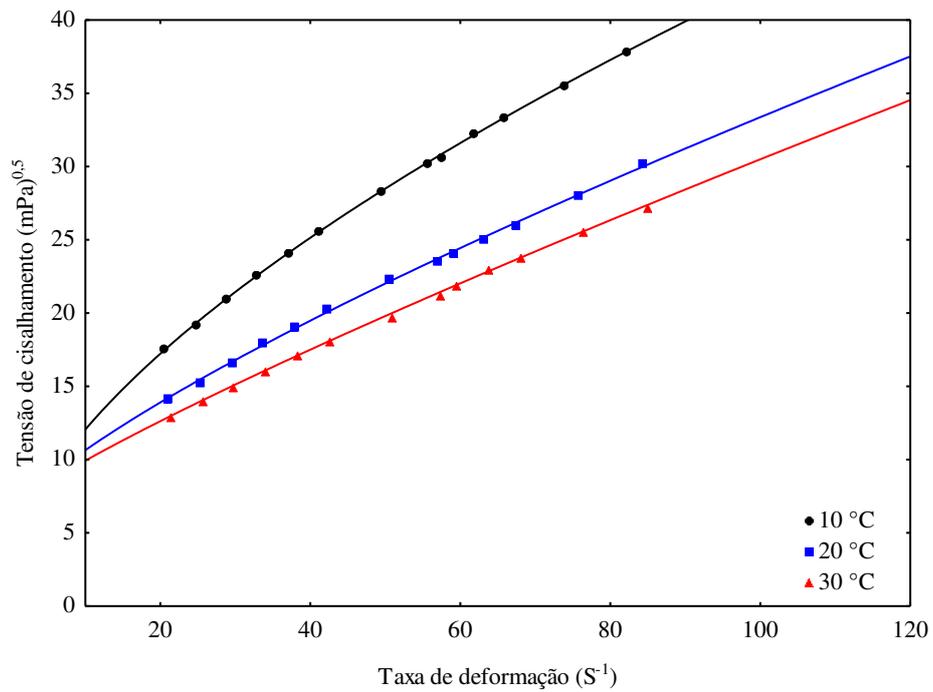


Figura 2.13. Curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para o blend de frutos do gênero *Spondias* - Formulação F4, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk

Para os blends de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%) nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C, observou-se que, para todas as formulações ocorreram redução na taxa de deformação e diminuição da viscosidade com o aumento da temperatura, confirmando assim o caráter Não Newtoniano e comportamento pseudoplástico das formulações. Esses resultados corroboram com encontrados por vários autores, como, Melo et al. (2008), para polpa de buriti com leite; Oliveira et al. (2011), em blend de gabioba e goiaba; Oliveira et al. (2012), para a polpa de morango na faixa de temperatura de 20 a 35°C; Sousa et al. (2014), para polpa de pequi; Silva et al. (2015), Tanto a polpa quanto as geleias de umbu. De acordo com Vidal et al. (2006), a temperatura é um dos fatores que mais afeta a viscosidade das polpas de frutas, já que a maioria destas apresenta-se na forma de sólidos dispersos em meios líquidos. Um aumento na temperatura, neste caso, faz com que a viscosidade na fase líquida diminua, aumentando a mobilidade das partículas em suspensão, diminuindo consequentemente a viscosidade da polpa.

O efeito da adição de maltodextrina ao blend e da temperatura observado nas figuras 2.2 a 2.17 mostram que a adição de maltodextrina teve maior influência quando comparado ao efeito da temperatura. Esses resultados é semelhante aos observado por Fernandes et al. (2008), para polpa de umbu-cajá e formulações elaboradas com maltodextrina. Segundo RÉ e HIGA (1995) existe um aumento exponencial da viscosidade das soluções aquosas de maltodextrina (DE 10), com o acréscimo da concentração de maltodextrina de 5 para 52 %.

Nas Tabelas 2.3 a 2.5, encontram-se os valores dos parâmetros do modelo reológico de Ostwald-de-Waele, Casson e Mizrahi-Berk e ajustados aos dados experimentais da curva de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação do blend de frutos do gênero *Spondias* (Cajá, cajarana e seriguela) com diferentes concentrações de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%) e temperaturas (10, 20 e 30 °C), os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Observou-se que o modelo de Ostwald-de-Waele (Tabela 2.3) apresentou altos coeficientes de determinação (R^2), que foram acima de 0,98, e valores de desvios percentuais médios (P) inferiores a 2%, os quais indicam que o modelo pode ser utilizado para estimar os dados reológicos do blend de frutos *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina e temperaturas estudadas. Oliveira et al., (2011),

verificaram que o modelo de Ostwald de Waale descreve melhor o comportamento reológico da polpa de gabioba. Os modelos de Ostwald de Waale e de Herschell-Buckley se ajustam de forma satisfatória aos dados experimentais de polpa de morango não existindo diferenças significativas entre ambos (OLIVEIRA et al., 2012).

Tabela 2.3. Parâmetros do modelo de Ostwald-de-Waale, coeficientes de determinação (R^2), quadrado médio dos desvios (DQM) e desvios percentuais médios (P) para a blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina a diferentes temperaturas

Formulação	Temperatura (°C)	Parâmetro				
		K	n	R^2	DQM	P (%)
F1	10	0,8442	0,5301	0,9975	0,0719	0,8297
	20	0,7924	0,5083	0,9909	0,1149	1,8355
	30	0,8690	0,4507	0,9873	0,1102	1,7992
F2	10	0,7525	0,5595	0,9918	0,1338	1,8027
	20	0,7150	0,5291	0,9887	0,1283	1,9844
	30	0,8552	0,4488	0,9843	0,1194	1,9823
F3	10	1,6393	0,5772	0,9980	0,1573	0,9624
	20	1,4332	0,5509	0,9978	0,1267	0,9783
	30	1,5606	0,4832	0,9930	0,1727	1,3915
F4	10	3,1791	0,5612	0,9997	0,1106	0,3023
	20	2,5818	0,5503	0,9975	0,2388	0,7549
	30	2,2681	0,5572	0,9962	0,2698	1,1748

F1=Formulação com 0% de maltodextrina; F2=Formulação com 10% de maltodextrina; F3=Formulação com 20% de maltodextrina e F4=Formulação com 30% de maltodextrina

K = índice de consistência (Pa.sⁿ); n= índice de comportamento do fluido (adimensional).

O blend de frutos *Spondias* apresentou altos coeficientes de determinação (R^2), que foram acima de 0,99, e valores de desvios percentuais médios (P) inferiores a 1%, os quais indicam que o modelo de Casson pode ser utilizado para estimar os dados reológicos do blend de frutos *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina e temperaturas estudadas.

Tabela 2.4. Parâmetros do modelo de Casson, coeficientes de determinação (R^2), quadrado médio dos desvios (DQM) e desvios percentuais médios (P) para blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina a diferentes temperaturas

Parâmetros						
Formulação	Temperatura (°C)	K_{OC}	K_C	R^2	DQM	P (%)
F1	10	1,1959	0,1955	0,9935	0,0077	0,2836
	20	1,1875	0,1707	0,9970	0,0136	0,4980
	30	1,2654	0,1380	0,9961	0,0132	0,4859
F2	10	1,1319	0,2047	0,9976	0,0142	0,4622
	20	1,1239	0,1760	0,9959	0,0162	0,5736
	30	1,2584	0,1353	0,9943	0,0156	0,5613
F3	10	1,6217	0,3281	0,9999	0,0039	0,0843
	20	1,5444	0,2765	0,9999	0,0045	0,1045
	30	1,6433	0,2198	0,9908	0,0309	0,6941
F4	10	2,2449	0,4348	0,9989	0,0200	0,3461
	20	2,0628	0,3718	0,9993	0,0137	0,2636
	30	1,9429	0,3556	0,9991	0,0147	0,2423

F1=Formulação com 0% de maltodextrina; F2=Formulação com 10% de maltodextrina; F3=Formulação com 20% de maltodextrina e F4=Formulação com 30% de maltodextrina

K_{OC} = tensão de cisalhamento inicial (Pa)^{0,5}; K_C = viscosidade plástica de Casson (Pa.s)^{0,5}

Observa-se altos coeficientes de determinação (R^2) para blend de frutos *Spondias*, estes que foram acima de 0,99, e valores de desvios percentuais médios (P) inferiores a 1%, os quais indicam que o modelo de Mizrahi-Berk pode ser utilizado para estimar os dados reológicos do blend de frutos *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina e temperaturas estudadas (Tabela 2.5). Fernandes et al., (2008), em estudo sobre o comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina, verificaram que o modelo reológico de Mizrahi-Berk foi o que apresentou os melhores ajustes para todas as amostras, com coeficientes de determinação superiores a 0,91 e desvios percentuais médios inferiores a 3%. O modelo reológico de Mizrahi-Berk foi o que melhor se ajustou as curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de buriti com leite (MELO et al., 2008).

Tabela 2.5 . Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk, coeficientes de determinação (R^2), quadrado médio dos desvios (DQM) e desvios percentuais médios (P) para a blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina a diferentes temperaturas

Formulação	Temperatura (°C)	Parâmetro					
		K_{OM}	K_M	n_M	R^2	DQM	P (%)
F1	10	1,1169	0,2311	0,4718	0,9993	0,0076	0,2780
	20	1,5740	0,0437	0,7459	0,9991	0,0075	0,2657
	30	1,6611	0,0219	0,8312	0,9998	0,0030	0,1189
F2	10	1,5968	0,0495	0,7598	0,9999	0,0036	0,1156
	20	1,5978	0,0293	0,8299	0,9996	0,0052	0,1787
	30	1,6909	0,0152	0,8981	0,9997	0,0035	0,1327
F3	10	1,7489	0,2738	0,5315	1,0000	0,0028	0,0546
	20	1,6327	0,2390	0,5252	0,9999	0,0041	0,0959
	30	1,0958	0,2069	0,2580	0,9989	0,0275	0,6991
F4	10	1,1744	0,9005	0,3398	0,9998	0,0087	0,1351
	20	1,9824	0,4079	0,4842	0,9993	0,0136	0,2617
	30	2,2758	0,2229	0,5821	0,9994	0,0126	0,2124

F1=Formulação com 0% de maltodextrina; F2=Formulação com 10% de maltodextrina; F3=Formulação com 20% de maltodextrina e F4=Formulação com 30% de maltodextrina

K_{OM} = raiz quadrada da tensão inicial (Pa)^{0,5}; K_M = índice de consistência (Pa). (s⁻¹); n_M = índice de comportamento do fluido (adimensional).

Na Tabela 2.6 apresentam-se os valores de energia de ativação (E_a) das formulações de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina e o R^2 .

As energias de ativação variam de 7,19 KJ.g⁻¹.mol⁻¹ (formulação F1) a 12,95 KJ.g⁻¹.mol⁻¹ (formulação F4), mostraram tendência de aumento com o aumento das concentrações de maltodextrina. Os valores de R^2 foram igual ou superior a 0,97, para todas as amostras, indicam bom ajuste da equação de Arrhenius.

Tabela 2.6. Valores da energia de ativação (E_a) e coeficiente de determinação (R^2) do blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações

Formulação	E_a KJ.g ⁻¹ .mol ⁻¹	R^2
F1	7,19	0,97
F2	8,93	0,98
F3	12,94	0,98
F4	12,95	0,99

F1= 0% de maltodextrina; F2=10% de maltodextrina; F3=20% de maltodextrina e F4=30% de maltodextrina

Os resultados corroboram com os encontrado por Sousa et al., (2017) que observaram que a E_a de polpas de noni integral e concentradas aumentam com o aumento do teor de sólidos solúveis totais, indicando um maior efeito da temperatura nas polpas mais concentradas.

Este comportamento foi diferente dos observados por Sousa et al. (2014), em polpa pequi em diferentes concentrações (6, 8, 10 e 12° Brix). As energias de ativação mostraram tendência de redução com o aumento dos sólidos solúveis totais. Para Bezerra et al. (2009), os valores de E_a indicam a sensibilidade da viscosidade aparente à alterações da temperatura, ou seja, altos valores de E_a denotam o grau de influencia da variação de temperatura sobre os valores de viscosidade.

De acordo com Bezerra et al. (2013), a energia de ativação está relacionada com a interação entre moléculas, os valores encontrados para podem indicar se a viscosidade do produto é maior ou menos influenciada pela variação de temperatura. Os mesmos autores, observaram que suco misto de frutas tropicais (acerola, maracujá e cajá) apresentaram E_a variando de 4,27 a 4,66 kcal.gmol⁻¹.

2.5. CONCLUSÕES

É possível concluir que:

- Os blends com diferentes concentrações de maltodextrina comportaram-se como fluido Não-Newtoniano do tipo pseudoplástico.
- Os modelos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Casson e Mizrahi-Berk, apresentaram bom ajuste aos dados experimentais para blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina, mas o modelo de Mizrahi-Berk apresentou melhor ajuste, pois o valor de coeficiente de determinação (R^2) foi acima de 0,998, o DQM abaixo de 0,0275 e desvios percentuais médios (P) inferiores a 1%.
- As energias de ativação mostraram tendência de elevação com o aumento das concentrações de maltodextrina.

2.6. REFERÊNCIAS

- 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**, v.108, p. 283-289, 2012.
- BEZERRA, C. V. et al. Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 155-162, 2013.
- BEZERRA, J. R. M. V. et al. Estudo do Efeito da Temperatura nas Propriedades Reológicas da Polpa de Morango (*Fragaria ananassa*). **Revista Ambientia**, v. 5, n. 1, p. 37-47, 2009.
- BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. Fenômenos de Transporte. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2004. 838 p.
- BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Varela, 2003. 135 p.
- BRANCO, I.G. **Suco de laranja concentrado – comportamento reológico a baixas temperaturas**. 91f, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1995.
- BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 166-171, 2003.
- BRANCO, I.G.; GASPARETTO, C.A. Comportamento reológico de misturas de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura utilizando modelo de Casson. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 8, n. 2, p. 183-189, 2005.
- CÁNOVAS, G. V. B.; IBARZ, A. **Food preservation technology series: Unit operations in food engineering**. Ed: CRC Press Inc., v. 2, p. 89–139, 2002.
- CARVALHO, C. et al., **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 9 p
- CASTRO, M. P. et al. Effect of preservative, tween 20, oil content and emulsion structure on the survival of *Lactobacillus fructivorans* in model salad dressings, **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1428 – 1434, 2009.
- FERNANDES, T. K. S. et al. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.2, p.171-180, 2008.

HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp.*)**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2005.

HAMINIUK, C. W. I. **Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa**. 148f, 2007.. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2007.

KROKIDA, M; K.; MAROULIS, Z. B.; SARAVACOS, G. D. Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: compilation of literature data. **International Journal of Food Properties**, v. 4, n. 2, p.179-200, 2001.

LEITE, J. T. C. et al. Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 202-210, 2004.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.3, p. 456-463, 2007.

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

MOURA, R. L.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Processamento e caracterização físico-química de néctares goiaba-tomate. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v 9. , n. 3, p. 69 - 75, 2014

MITSCHKA, P. Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity unctions. **Rheologica Acta**, v.21, n.2, p.207-209, 1982.

MIZRAHI, S.; BERK, Z. Flow behaviour of concentrated orange juice: Mathematical treatment. **Journal of Texture Studies**, v. 3, n. 1, p. 69-79, 1972.

NAVARRO, R. F. **Fundamentos de reologia de polímeros**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1997. 264 p.

OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R. M.; BARROS, S. T. D. Estudo reológico da polpa de morango (*Fragaria vesca*) em diferentes temperaturas. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 34, n. 3, p. 283-288, 2012.

OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R. M.; BARROS, S. T. D. Estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico das polpas de gabioba e goiaba. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 1, p. 31-37, 2011.

- PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, 2000.
- PEREIRA, N. et al. Comportamento reológico de polpa de goiaba cv. Paluma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n. Especial, p.479-496, 2012.
- PEREIRA, A. C. D. **Desenvolvimento de sucos tropicais mistos com elevada capacidade antioxidante e avaliação *in vivo***, 120f, 2014.. Tese (Doutorado em tecnologia de alimentos), Universidade Federal do Ceará.
- QUEIROZ, A. J. M.; VIDAL, J. R. M.; GASPARETTO, C.A. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas: Influência de diferentes teores de sólidos insolúveis suspensos nas características reológicas de suco de abacaxi naturais e despectinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, 2000.
- RAO, M. A.; ANANTHESWARARAM, R. C. Rheological of fluids in food processing. **Food Technology**, v. 36, p. 116-126, 1982.
- RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. New York: Aspen Publishers, 1999.
- RÉ, M. I.; HIGA, M. Influência das propriedades físicas de uma solução nas propriedades do produto seco obtido em “Spray drying”. In: ENEMP, 23. Maringá. **Anais... Maringá**, v. 1, p. 413-420. 1995.
- SILVA, C. V.; BILIA, D. A. C.; BARBEDO, C. J. Fracionamento e germinação de sementes de Eugenia. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 86-92, 2005.
- SILVA, L. M. M. et al. Estudo do comportamento reológico da polpa e da geléia de umbu (*Spondias tuberosa Arr.*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.17, n.4, p.349-358, 2015.
- SCHUMACHER, A. B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína**. Dissertação (Mestrado) em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2009.
- SOUSA, P. H. M. et al. Adição de extratos de *Ginkgo biloba* e *Panax ginseng* em néctares mistos de frutas tropicais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 463-470, 2010.
- SOUSA, E. P. et al. Comportamento reológico e efeito da temperatura da polpa de pequi em diferentes concentrações. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 17, n. 3, p. 226-235, 2014.
- SOUSA, S. F.; et al. Comportamento reológico das polpas de noni integral e concentradas. **Brazilian Journal Food Technology**., v. 20, e2016067, 2017.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Michigan: Freeman Press, 1996. 418p.

VIDAL, J. R. M. B.; PELEGRINE, D.H.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica L-Keitt*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 39-42, 2004.

VIDAL, J. R. M. B. et al. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica L. cv. Keitt*) centrifugada. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.

VITALI, A. A; RAO, M. A. Flow properties of low-pulp concentrated orange juice: effect of temperature and concentration. **Journal of Food Science**, v. 49, n. 3, p. 882-888, 1984.

VRIESMANN, L. C., Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): structural characterization of a pectic fraction. **Carbohydrate Polymers**, p. 2-4, 2008.

**CAPÍTULO III: CINÉTICA DE CONGELAMENTO DE BLEND DE
FRUTOS DO GÊNERO *Spondias***

3.1. INTRODUÇÃO

O cajá (*Spondias mombin* L.), assim como os frutos da cajarana (*Spondias* sp.) e seriguela (*Spondias purpurea* L.) pertencem ao gênero *Spondias*, são frutos bastante conhecidos e apreciados no Norte e Nordeste do Brasil. Com grande potencial para industrialização, os frutos vêm conquistando o mercado interno através da comercialização de suas polpas congeladas (MATTIETTO et al., 2007). De acordo com Tavares Filho (2007), os frutos do gênero *Spondias* são comercializados apenas na época de colheita e de forma *in natura*, restringindo sua disponibilidade e ocasionando perdas consideráveis devido à perecibilidade dos frutos. Portanto, existe a necessidade do uso de técnicas de conservação, que mantenham o maior número possível das características naturais do fruto, tornando sua armazenagem e comercialização viável por um período de tempo superior ao que se conseguiria com o produto *in natura*.

De acordo com Brito (2011), a comercialização de polpas de frutas no mercado interno e externo é interessante para a agroindústria brasileira, pois o Brasil cresceu nesta área e conquistou condição de maior exportador de polpa e sucos de frutas cítricas e tropicais, o que vem promovendo oportunidades de abertura de novos mercados para exportação de frutas e polpa de frutas congeladas do Brasil. A mistura de polpas frutos em para obtenção de um único produto é algo novo e colabora para a agregação de valor na agroindústria brasileira (MATTIETTO et al., 2007).

O congelamento é um dos processos mais indicados para a preservação das propriedades químicas, nutricionais e sensoriais de polpas de frutas, no entanto, apresenta custos de produção, transporte e armazenamento relativamente elevados (FU; LABUSA, 1997). Um produto com elevado teor de umidade, quando congelado, tem três fases distintas, sendo a primeira a de resfriamento, a segunda a de cristalização das partículas de água no interior do produto e a terceira o pós-congelamento que corresponde ao congelamento do fruto na fase sólida (CAVALCANTI MATA et al., 2003).

Segundo Cavalcanti Mata (2008), a cinética de congelamento é uma ferramenta importante para a determinação do tempo de congelamento dos alimentos em conjunto com a velocidade de congelamento podem-se dimensionar novos equipamentos, para tais fins. A incorporação de aditivos em diferentes concentrações na polpa é capaz de modificar o comportamento dinâmico do congelamento e a disposição das moléculas de água no estado cristalino (FERNANDES et al., 2009).

Diante do exposto, objetivou-se estabelecer as cinéticas de congelamento de blend de polpa dos frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina nas temperaturas de -25, -50 e -75 °C.

3.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.2.1. Congelamento

De acordo com Cavalcanti Mata et al. (2003), dois fatores delimitam a industrialização de frutos do gênero *Spondias*, a sua sazonalidade e a sua perecibilidade. A perecibilidade dos frutos corresponde às alterações fisiológicas que ocorrem nos frutos depois de sua formação e crescimento na planta mãe. Portanto a partir desta etapa todo o processo deve ser rápido, a fim de evitar contaminações e volatilização de componentes que dão sabor e aroma característicos da fruta (CAVALCANTI MATA et al., 2003). Sendo necessário o processamento que viabilizem as diversas agroindústrias fora do período de safra (CAVALCANTI-MATA et al., 2005). Também, por meio do congelamento pode-se obter alimentos prontos ou semi-prontos para consumo, sendo estes comumente comercializados no Brasil e apreciados pelas pessoas que não dispõem de tempo livre para a confecção de seu próprio alimento (RODRIGUES, 2013).

O emprego das baixas temperaturas reduz as reações de degradação e as taxas de transporte em que são perdidas características sensoriais como sabor e aroma por volatilidade (ARAÚJO, 2013). A velocidade de congelamento é um dos fatores mais importantes, visto que, de maneira geral, os produtos biológicos têm teor de água elevado, o tamanho e a forma dos cristais de gelo dependem das velocidades de congelamento (CAVALCANTI MATA et al., 2003). O processo de congelamento é extremamente dependente das propriedades relacionadas ao produto. O conhecimento dos fatores que interferem na mudança de estado da polpa é substancial para o monitoramento e controle do cristal de gelo e da qualidade do produto congelado (GEORGE, 1993).

Durante o congelamento, primeiramente o calor sensível é removido para diminuição da temperatura do alimento até o ponto de congelamento. Esta remoção pode interferir ou não na composição e estrutura do produto através da formação de cristais, por esta razão existe o congelamento lento e rápido (ALMEIDA, 2016).

3.2.1.1. Congelamento lento e rápido

De acordo com Almeida (2016), o congelamento lento decresce gradativamente (taxa de 1 °/min.), ocorrendo a formação de grandes cristais de gelo, pontiagudos, que

provocam o rompimento das estruturas celulares, exclusivamente no meio extracelular, tendo como consequência a perda de suco celular e, portanto, redução nutricional durante o descongelamento.

No congelamento lento utilizam-se temperaturas mais baixas que na refrigeração e, por isto, inibe o crescimento microbiano, ocorrendo também o retardamento de praticamente de todo o processo metabólico (GAVA et al., 2008). As baixas temperaturas reduzem bastante a velocidade das reações químicas e enzimáticas, mas deve-se levar em consideração que nem toda a água é congelada, que as enzimas não foram totalmente inativadas e que os solutos estão muito concentrados. Assim, algumas reações enzimáticas continuam, mesmo que de forma muito lenta durante o armazenamento em congelamento (FELLOWS, 2006).

O congelamento é aplicado aos alimentos que necessitam de maior período de conservação e tem, como vantagem, principalmente manter as características nutricionais e sensoriais, dificultar as ações de microrganismos e enzimas. Quanto menor a temperatura de armazenamento mais lenta será a atividade enzimática. Em temperatura a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ existirá, no alimento, zonas com alta concentração de solutos não congelam devido a velocidade ser lenta durante o congelamento (GAVA et al., 2008).

O congelamento rápido corresponde à operação que congela um produto na razão de $1\text{ a }3\text{ cm}^3\cdot\text{h}^{-1}$. (OETTERER et al., 2006). Neste tipo de congelamento, as temperaturas diminuem com a velocidade média a alta (FORREST et al., 1979), até atingir a temperatura de equilíbrio com a câmara de congelamento, durante o congelamento rápido o tamanho menor daqueles formados pelo congelamento lento (VICENTE et al., 1994).

Segundo Gruda e Postolski (1996), a forma dos cristais de gelo dependem da temperatura de congelamento de um produto, e quanto menor a temperatura de congelamento, mais arredondada será a forma dos cristais de gelo, perdendo a forma acúlea dos cristais de gelo formados no interior do fruto, quando este é congelado à temperatura em torno de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Quanto à taxa de congelamento, é aceito que, por meio do congelamento rápido, obtêm-se produtos finais congelados de melhor qualidade, devido à formação de cristais de tamanho pequenos a médios nos centros das células, nos espaços intercelulares e intracelulares, não ocorrem danos às células, reduzindo significativamente os possíveis efeitos negativos quando em comparação ao processo de congelamento lento (MARTIN et al., 1982; VICENTE et al., 1997).

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se polpas dos frutos de cajá (*Spondias mombin* L.), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.). Após a obtenção das polpas acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade com capacidade para 500g e armazenadas em freezer a -18 °C. As polpas foram transportadas em caixas de isopor para o Laboratório de Tecnologia do Frio (LATEF), da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, PB, armazenadas em freezer -18 °C.

O blend foi elaborado utilizando-se as polpa de cajá, cajarana e seriguela na proporção 2:1:1, respectivamente. Após a pesagem de cada polpa realizou-se a homogeneização em liquidificador industrial por três minutos, em seguida ocorreu à elaboração das formulações, a maltodextrina foi adicionada ao blend nas concentrações de 0; 10; 20 e 30% (Tabela 3.1), homogeneizando-se em liquidificador industrial por cinco minutos.

Tabela 3.1. Concentração de maltodextrina utilizada no blend de frutos do gênero *Spondias*

Formulação	Blend (Polpa de cajá, cajarana e seriguela)	Maltodextrina DE 10 (%)
F1	2:1:1	0
F2	2:1:1	10
F3	2:1:1	20
F4	2:1:1	30

Após a obtenção de cada formulação, realizou-se o acondicionamento em sacos de polietileno de baixa densidade contendo 100g. As curvas de congelamento foram obtidas em três temperaturas; -25, -50 e -75 °C em função do tempo. A curva à temperatura de -25°C foi obtida no congelamento convencional em freezer doméstico, a -50 e 75 °C no congelamento em ultrafreezer

Efetuuou-se, de início um furo no centro geométrico de cada saco com cada formulação escolhida, o qual foi determinado através de valores de comprimento, espessura e largura de cada; para monitorar a temperatura no interior desse produto, conectou-se um termopar; da mesma forma, outro termopar foi afixado no interior do

freezer e ultrafreezer. As leituras foram feitas em intervalo de 5, 10, 20, 30 e 60 segundos até a conclusão do experimento.

Os dados experimentais para obtenção da curva de congelamento foram realizados em duplicata utilizando a equação sugerida por CRANK (1975). Aplicou-se aos dados experimentais a Lei de Fourier, o número de Fourier (Fo) é o tempo adimensional, em função do comprimento característico L para superfície plana, ou do raio externo para cilindros ou esferas, conforme Equação (3.1)

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial T}{\partial x^2} \quad (3.1)$$

Para calcular a transferência de calor, em regime transiente, cuja forma se assemelha a uma placa plana de espessura $2L$, pequena em função do tamanho da mesma, ou seja, placa infinita, inicialmente à temperatura T_i é subitamente colocada em um meio fluido com temperatura T_{inf} , ocorrerá transferência de energia por condução e convecção entre o corpo e o meio, sendo a distribuição de temperatura T_x numa posição “ x ” qualquer, desse corpo, uma função do tempo, fornecida pela Equação que equivale ao modelo de Fourier, a solução analítica pode ser expressa pela seguinte equação:

$$RT = \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \exp(\sigma_n^2 \cdot Fo) \quad (3.2)$$

Em que:

$$A_n = \frac{2 \text{sen} \sigma_1}{\sigma_1 + \text{sen} \sigma_1 \cdot \text{cos} \sigma_1} \quad (3.3)$$

$$Fo = \left(\frac{\alpha}{L^2} \right) t \quad (3.4)$$

Para $n = 1$ a equação se torna:

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \frac{2 \cdot \text{sen} \sigma_1}{\sigma_1 + \text{sen} \sigma_1 \cdot \text{cos} \sigma_1} \text{Exp} \left(\frac{\sigma_1^2 \cdot \alpha}{L^2} \cdot t \right) \quad (3.5)$$

Em que:

RT= razão de temperatura, adimensional;

T = temperatura em cada instante, °C;

T_{∞} = temperatura do meio de congelamento, °C;

T_0 = temperatura inicial do produto, °C;

Fo = número de Fourier, adimensional;

An = constante que depende do produto;

σ_n a raiz transcendental;

α = difusividade térmica efetiva, $m^2 \cdot s^{-1}$;

L = a espessura da amostra/2;

t = tempo, s.

Com os dados de razão de temperatura em função do tempo, foi realizada uma análise de regressão não-linear, através do programa computacional STATISTICA, versão 7.0, para obtenção dos coeficientes.

Obteve-se a energia de ativação (E_a) a partir da dependência da difusividade térmica efetiva (α) com a temperatura analisada pela equação de Arrhenius (Horn et al., 2010), conforme Equação (3.6) :

$$\alpha = D_0 \cdot \exp\left(\frac{E_a}{R(T)}\right) \quad (3.6)$$

Em que:

D_0 = constante, $m^2 s^{-1}$

E_a energia de ativação, $J mol^{-1}$

R = constante universal dos gases, $8,314, J mol^{-1} K^{-1}$

T = temperatura absoluta, K

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3.1. encontra-se a cinética de congelamento a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%). Devido à baixa taxa de congelamento ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) foi possível verificar que todas as curvas apresentaram as três fases distintas da conversão da água contida nos blends em gelo, como: fase de resfriamento (Fase I), caracterizada por uma curva típica exponencial; fase de cristalização ou congelamento (Fase II), representada por uma reta e a fase de pós congelamento (Fase III), caracterizada por uma curva exponencial.

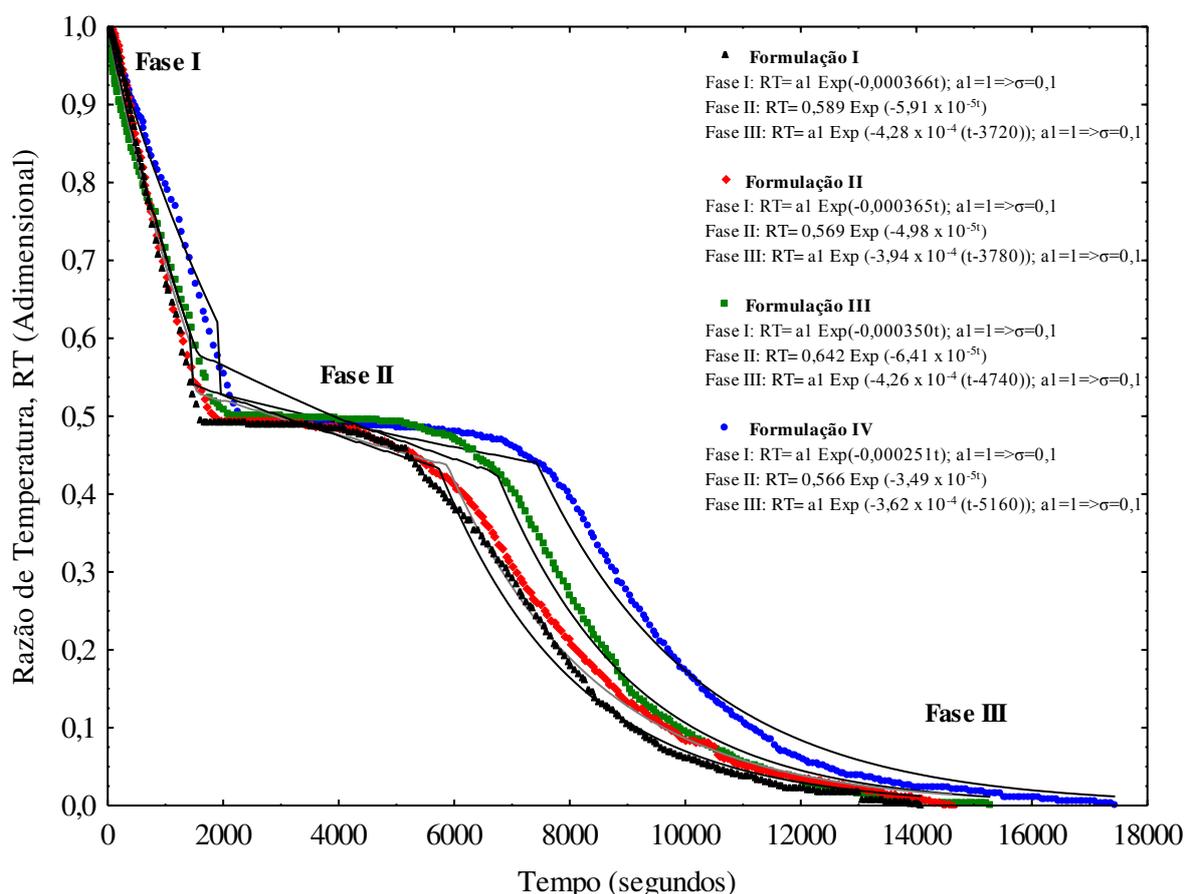


Figura 3.1. Cinética de congelamento a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%)

Verifica-se que o blend com 0% de maltodextrina (F1) resfriou-se mais rapidamente em relação as demais formulações, com 1360 segundos, enquanto que a formulação (F4) foi de 1900 segundos. De acordo com Brito et al. (2014), a taxa de

resfriamento para polpa de limão Tahiti durante o congelamento a $-20 \pm 2^\circ\text{C}$, evidenciaram que após o subresfriamento houve um aumento da temperatura em decorrência da formação dos primeiros cristais de gelo e liberação de calor latente. O resultado para o blend sem maltodextrina (F1) corrobora com o encontrados por Araújo et al. (2000), que em estudo do congelamento da polpa de acerola em um freezer com temperatura de $-22,6^\circ\text{C}$, verificaram um período de 1.800 segundos para a Fase I (resfriamento).

Para a Fase II (cristalização ou congelamento), observou-se que o blend 0% de maltodextrina (F1) apresentou menor tempo com 3720 segundos, enquanto que as formulações F2, F3 e F4 apresentaram 3780, 4740 e 5160, respectivamente. Na Fase III (pós-congelamento), a formulação F4 apresentou o maior tempo com 10260 segundos e o menor foi para a formulação F1 com 9180 segundos. Observando-se que o tempo necessário para os blends atingirem a temperatura adimensional de 0,0, verificou-se que o blend da formulação F4 alcançou o congelamento final em maior tempo com 17440, enquanto que as formulações F1, F2 e F3 precisaram de 14380, 14620 e 15280 segundos, respectivamente.

Na Tabela 3.2. encontram-se os valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R^2) das formulações de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a -25°C .

A difusividade efetiva da Fase II, não é contabilizada no cálculo da difusividade efetiva média, pois teoricamente a energia desta fase seria utilizada para congelar a água existente na polpa, no entanto o que ocorre é uma mistura das frações de água congelada e não congelada, bem como a diminuição do ponto de congelamento durante o processo (CAVALCANTI MATA et al., 2005).

Os valores para difusividade efetiva média nas formulações F1, F2, F3 e F4 foram, e $4,09 \times 10^{-6}$, $3,72 \times 10^{-6}$; $3,71 \times 10^{-6}$ e $3,23 \times 10^{-6}$, m^2s^{-1} , respectivamente. A difusividade reduziu com o aumento na concentração de maltodextrina. Esses resultados são diferente dos encontrados por Tres et al. (2011), que obtiveram difusividade de $1,19 \times 10^{-5}$ e $7,32 \times 10^{-6} \text{m}^2\text{s}^{-1}$ em suco de laranja com 36 e 45 °Brix na temperatura de 15°C .

Tabela 3.2. Valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R^2) das formulações de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a $-25\text{ }^\circ\text{C}$

Formulação I - Congelamento a $-25\text{ }^\circ\text{C}$						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,93	$4,86 \times 10^{-6}$	$4,09 \times 10^{-6}$	97,13	0,0003	0,0408
III	8,93	$5,68 \times 10^{-6}$		97,56	0,0000	00553
Formulação II - Congelamento a $-25\text{ }^\circ\text{C}$						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,85	$4,56 \times 10^{-6}$	$3,71 \times 10^{-6}$	98,45	0,0002	0,0271
III	8,85	$5,26 \times 10^{-6}$		98,54	0,0002	0,3734
Formulação III- Congelamento a $-25\text{ }^\circ\text{C}$						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,84	$4,74 \times 10^{-6}$	$3,72 \times 10^{-6}$	97,39	0,0004	0,0383
III	8,84	$5,12 \times 10^{-6}$		97,95	0,0002	0,0825
Formulação IV - Congelamento a $-25\text{ }^\circ\text{C}$						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,98	$3,37 \times 10^{-6}$	$3,23 \times 10^{-6}$	98,67	0,0001	0,0135
III	8,98	$4,85 \times 10^{-6}$		98,54	0,0001	0,2444

Na Figura 3.2. encontra-se a cinética de congelamento a $-50\text{ }^\circ\text{C}$ de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%). Na Fase I, que é responsável pela redução da temperatura do blend até o ponto de congelamento, verificou-se que a formulação F4 foi a que demorou mais para atingir o resfriamento, sendo necessário 1480 segundos, enquanto que na formulação F1, o tempo foi de 940 segundos.

O período de cristalização ou congelamento (Fase II) para as formulações F1, F2, F3 e F4, foram de 1620, 1680, 1800 e 1860, e respectivamente. Esses resultados foram superiores ao encontrado por Almeida (2016), que obteve 1500 para polpa pré-cozida de umbu. E inferiores aos observado por Nascimento (2014), que atingiu tempo de 2280 e 2340 para polpa de frutos do mandacaru e facheiro, respectivamente, utilizando a temperatura de $-60\text{ }^\circ\text{C}$.

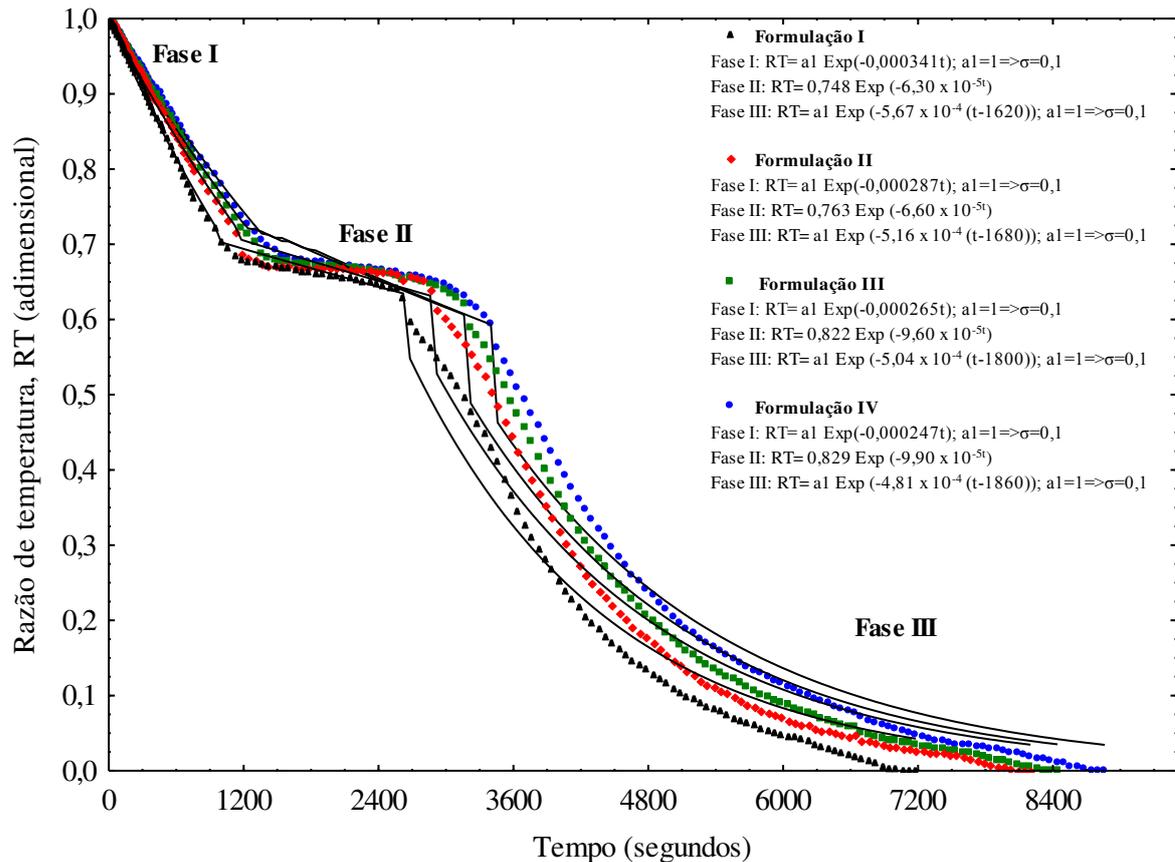


Figura 3.2. Cinética de congelamento a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%)

Na Fase III (pós-congelamento), a formulação F4 apresentou o maior tempo com 5400 segundos e o menor foi para a formulação F1 com 4500 segundos. Observa-se que o blend da formulação F1 foi o que alcançou o congelamento final em menor tempo com 7180 segundos, já o F4 esse tempo foi de 8860 segundos. À medida que ocorreu aumento na concentração de maltodextrina verifica-se maior tempo de resfriamento, congelamento e pós-congelamento.

Na Tabela 3.3. encontram-se os valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R^2) das formulações de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Os valores para difusividade efetiva média nas formulações F1, F2, F3 e F4 foram e $4,81 \times 10^{-6}$; $4,55 \times 10^{-6}$, $4,49 \times 10^{-6}$ e $4,23 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, respectivamente. Mostraram tendência de diminuição com aumento na concentração de maltodextrina. As difusividades para todas as formulações na temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram maiores quando comparadas a -

25 °C. De acordo com Nascimento (2014) a maior difusividade efetiva média foi encontrada em polpa do mandacaru do que na polpa do fruto do facheiro, devido à polpa do mandacaru apresentar maior teor de sólidos totais.

Tabela 3.3. Valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R^2) das formulações de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a -50 °C

Formulação I - Congelamento a -50 °C						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,83	$3,72 \times 10^{-6}$	$4,81 \times 10^{-6}$	99,64	0,0000	0,0094
III	8,83	$6,68 \times 10^{-6}$		99,49	0,0013	0,4074
Formulação II - Congelamento a -50 °C						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,85	$4,45 \times 10^{-6}$	$4,55 \times 10^{-6}$	99,71	0,0000	0,0087
III	8,85	$6,13 \times 10^{-6}$		93,55	0,0012	0,0045
Formulação III- Congelamento a -50 °C						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,74	$3,38 \times 10^{-6}$	$4,49 \times 10^{-6}$	99,70	0,0000	0,0084
III	8,74	$6,42 \times 10^{-6}$		93,65	0,0010	0,4286
Formulação IV - Congelamento a -50 °C						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,72	$3,13 \times 10^{-6}$	$4,23 \times 10^{-6}$	99,66	0,0000	0,0091
III	8,72	$6,08 \times 10^{-6}$		94,64	0,0007	0,3907

Na Figura 3.3. encontra-se a cinética de congelamento a -75 °C de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%).

Na Fase I, correspondente ao resfriamento, à curva do blend da formulação F4, apresentou o maior tempo, com 940 segundos, já as demais formulações F1, F2 e F3 foram necessário 580, 670 e 730 segundos, respectivamente. Na Fase II, observa-se que as formulações com maiores concentrações de maltodextrina, apresentaram o maior tempo F1 (930 segundos), F2 (1140 segundos), F3 (1380 segundos) e F4 (1440 segundos);

Observou-se que todas as formulações apresentaram nas fases de resfriamento (Fase I) e congelamento (Fase II) com uma leve inclinação nas curvas. Esse comportamento também foi observado por Almeida (2016) em formulações de umbu pré-cozida.

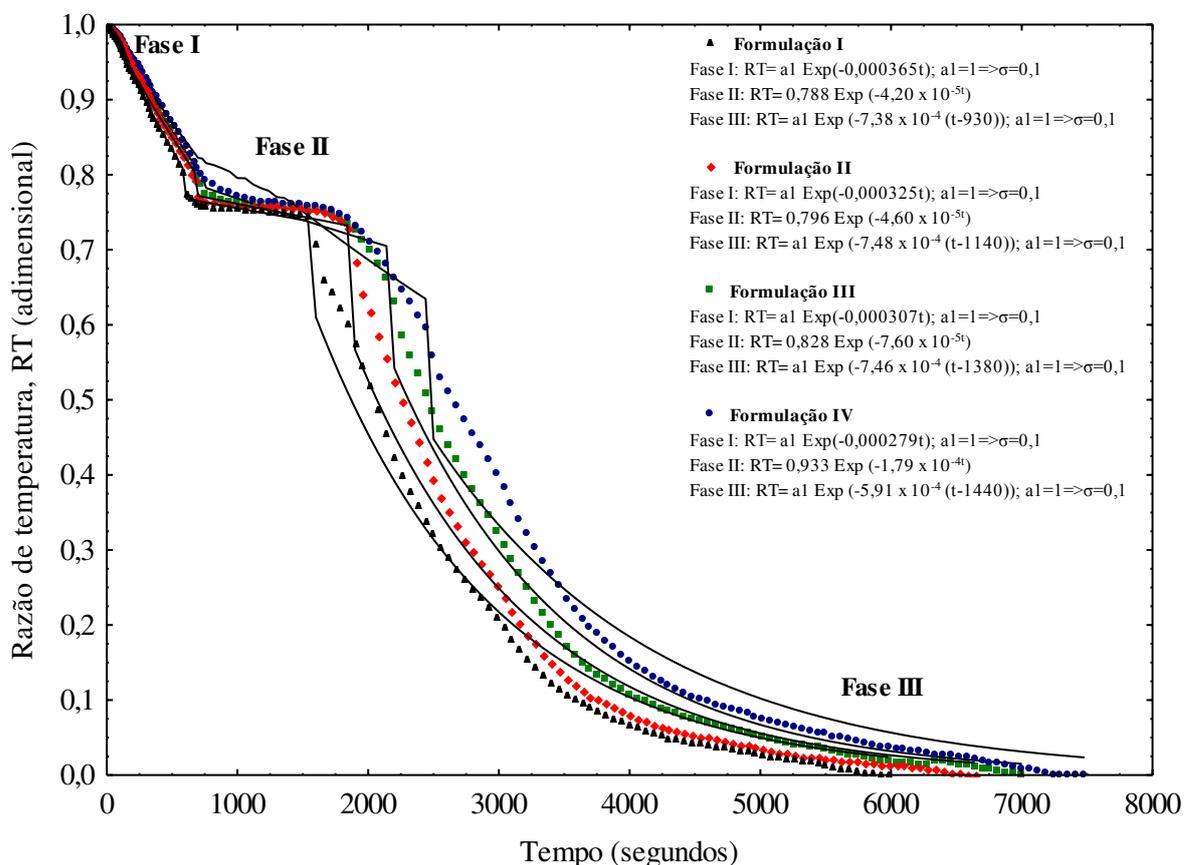


Figura 3.3. Cinética de congelamento a $-75 \text{ }^\circ\text{C}$ de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%; F2-10%, F3-20% e F4-30%)

Na Fase III (pós-congelamento), a formulação F4 apresentou o maior tempo com 4980 segundos e o menor foi para a formulação F1 com 4380 segundos. Observa-se que o blend da formulação F1 foi o que alcançou o congelamento final em menor tempo com 5980 segundos, já o F4 esse tempo foi de 7480 segundos. À medida que ocorreu aumento na concentração de maltodextrina verifica-se maior tempo de resfriamento, congelamento e pós-congelamento.

Na Tabela 3.4. encontra-se os valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R^2) das formulações de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a $-75 \text{ }^\circ\text{C}$.

Os valores para difusividade efetiva média nas formulações F1, F2, F3 e F4 foram $7,66 \times 10^{-6}$; $7,27 \times 10^{-6}$; $6,93 \times 10^{-6}$; e $4,29 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, respectivamente. Esta tendência também foi encontrada por Nascimento (2009) em trabalho com congelamento de leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá, onde as difusividades efetivas médias aumentaram com acréscimo da polpa de cajá.

Tabela 3.4. Valores das espessuras (L), difusividade efetiva, difusividade efetiva média e dos coeficientes de variação (R^2) das formulações de blend de frutos do gênero Spondias com diferentes concentrações de maltodextrina nos estágios de congelamento a $-75 \text{ }^\circ\text{C}$

Formulação I - Congelamento a $-75 \text{ }^\circ\text{C}$						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,83	$4,77 \times 10^{-6}$	$7,66 \times 10^{-6}$	99,34	0,0000	0,0089
III	8,83	$9,66 \times 10^{-6}$		96,15	0,0007	0,4241
Formulação II - Congelamento a $-75 \text{ }^\circ\text{C}$						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,85	$4,17 \times 10^{-6}$	$7,27 \times 10^{-6}$	98,87	0,0000	0,0131
III	8,85	$7,27 \times 10^{-6}$		95,86	0,0004	0,4227
Formulação III- Congelamento a $-75 \text{ }^\circ\text{C}$						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,74	$3,92 \times 10^{-6}$	$6,93 \times 10^{-6}$	98,53	0,0001	0,0159
III	8,74	$9,51 \times 10^{-6}$		97,10	0,0002	0,3162
Formulação IV - Congelamento a $-75 \text{ }^\circ\text{C}$						
Fases	L(mm)	Difusividade efetiva (m^2s^{-1})	Difusividade efetiva média (m^2s^{-1})	R^2 (%)	DQM	P (%)
I	8,72	$3,63 \times 10^{-6}$	$4,29 \times 10^{-6}$	98,59	0,0001	0,0175
III	8,72	$5,76 \times 10^{-6}$		93,63	0,0005	0,2391

Isolando-se os tratamentos, à medida que a razão de temperatura aumentava ocorreu aumento na difusividade média efetiva, esse comportamento também foi encontrado por Araújo et al. (2000) em trabalho com cinética de congelamento de polpa de acerola a baixas temperaturas.

Na Figura 3.4. encontra-se a difusividade térmica efetiva de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina (F1-0%, F2-10%, F3-20% e F4-30%). em função da temperatura em K

A Energia de ativação (E_a) encontrada foi de $5,56 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (F1-0%); $5,87 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (F2-10%), $5,41 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (F3-20%) e $2,03 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (F4-30%). A inclusão da maltodextrina influenciou na velocidade de congelamento.

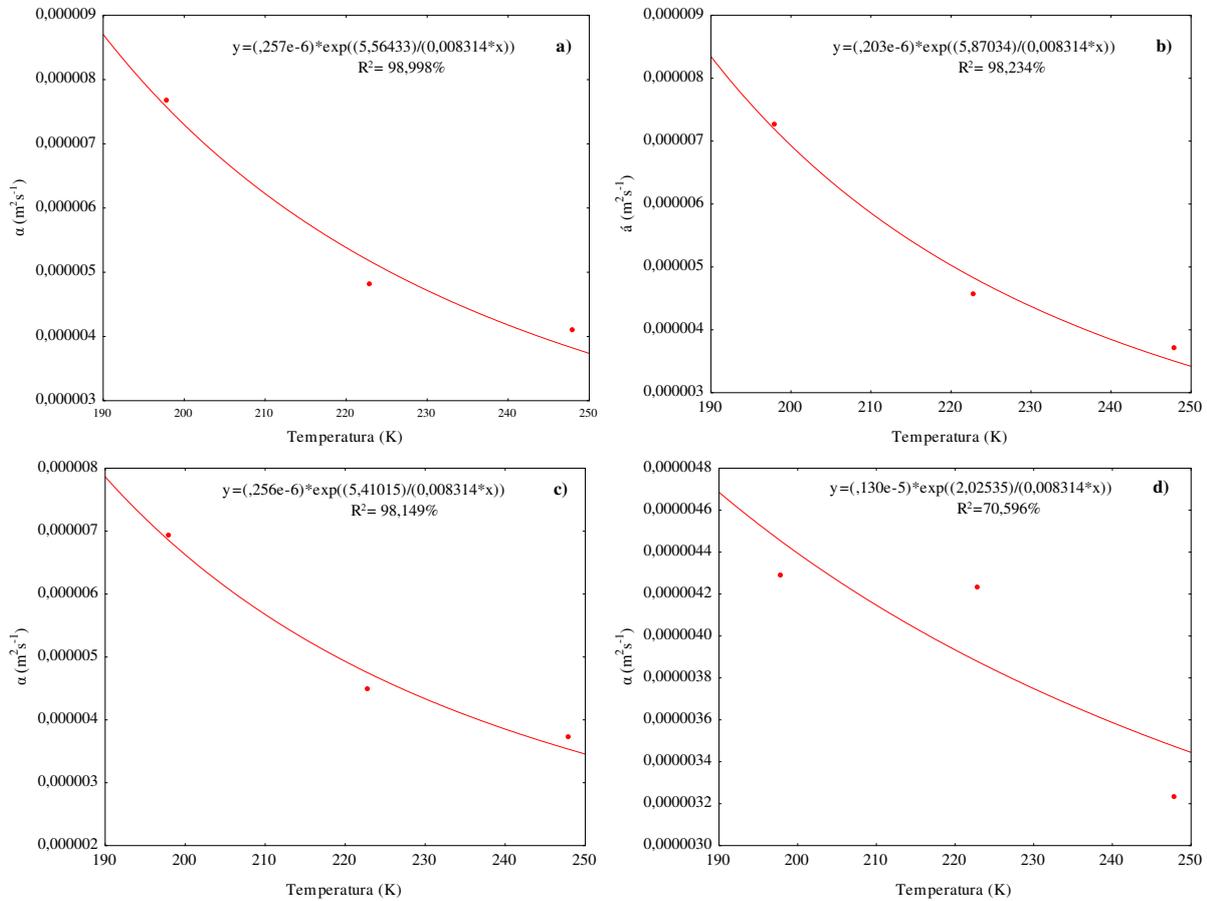


Figura 3.4. Difusividade térmica efetiva de blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina obtida do Modelo de Fourier a) F1-0%, b) F2-10%, c) F3-20% e d) F4-30%)

3.5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, conclui-se:

- O tempo de congelamento foi menor para a F1 (0% de maltodextrina) e maior para a formulação F4 (30% de maltodextrina) nas temperaturas estudadas -25, -50 e -75 °C;
- As curvas de congelamento de todas as formulações ocorreram em menor tempo à medida que a temperatura do congelamento reduziu;
- Isolando-se os tratamentos, à medida que a razão de temperatura aumentava ocorreu aumento na difusividade média efetiva;
- O modelo de Fourier utilizando o 1º termo da série representou bem a cinética de congelamento do blend de frutos do gênero *Spondias* com diferentes concentrações de maltodextrina, nas -25, -50 e -75° C, ajustando-se aos dados experimentais, com R² maiores que 94%;

3.6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. D. **Tecnologia para produção industrial de umbuzada de corte**. 2016. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Campina Grande-PB, 2016.
- ARAÚJO, M. S. O.; BRAGA, M. E. D.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. Cinética de congelamento de polpa de acerola a baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, n.1, p.27-34, 2000.
- ARAÚJO, S. R. F. Elaboração de misturas em pó das polpas de mamão e acerola, 2013. **Dissertação** (Mestrado), Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza-CE, 2013.
- BRITO, A. **Relatório final de consultoria agroindústria de polpa de frutas**. Recife, 2011. Disponível em <: <http://docplayer.com.br/4104714-Relatorio-final-de-consultoria-agroindustria-de-polpa-de-frutas.html>> Acesso em 31 de maio de 2017.
- BRITO, K. D.; OLIVEIRA, L. S. C.; LIMA, A. G. B.; , SANTIAGO, A. M.; ALVES, D. E. G. Avaliação do processo físico de congelamento da polpa de limão tahiti (*Citrus latifolia Tanaka*). 2014. **Anais... XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Florianópolis-SC, 2014.
- CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D.; SILVA, M. Curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, n.1, p.55-62, 2003.
- CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ZANINI, H. L. H. T. Calor específico e densidade da polpa de cajá (*Spondias lutea* L.) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas **Engenharia Agrícola**, v.25, n. 2, 2005.
- CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. et al. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, n.2, p.165-172, 2005
- CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. Tecnologia de crioconservação de sementes de urucum. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 2, n.1, p.1-9, 2008.
- CRANK, J. **The Mathematics of diffusion**. 2 ed. Clarendon Press, Oxford, 1975
- FELLOWS, P. **Tecnologia do processo de alimentos: princípios e prática**, 2 ed. Artmed, Porto Alegre-RS, 2006.
- FERNANDES, T. N. et al. Comportamento reológico, parâmetros físico-químicos e dinâmica do congelamento da polpa de maracujá adicionada de sacarose e pectina. **Brazilian Journal Food Technology**, VII BMCFB, 2009.
- FORREST, J. C . et al. **Undamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, p. 363, 1979.

FU, B.; LABUZA, T. P. Shelf life of frozen foods. In: LABUZA, T. P.; FU, B. **Shelf Life Testing: Procedures and Prediction Methods**. Denver: CRC Press, 1997. Cap. 19. p.377-415.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**, Editora Nobel, São Paulo, p. 522, 2008

GEORGE, R. M. Freezing Processes Used in the Food Industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 4, n. 5, p. 134-138, 1993.

GRUDA. Z.; POSTOLSKI, J. **Tecnología de la congelación de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1986. 631p.

HORN, M. M.; MARTINS, V. C. A.; PLEPIS, A. M. de G. Determinação da energia de ativação em hidrogéis poliméricos a partir de dados termogravimétricos. **Polímeros**, v.20, n. 3, p.201-204, 2010.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.3, p. 456-463, 2007.

MARTIN, R. E. **Chemistry and biochemistry of marine food products**. Westport: AVI, 1982. 365 p.

NASCIMENTO, A. M. G. **Obtenção do leite de cabra em pó com diferentes concentrações de polpa de cajá**. 2019. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Campina Grande-PB, 2014.

NASCIMENTO, A. M. G. **Aproveitamento agroindustrial de cactáceas do semiárido brasileiro**. 2014. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Campina Grande-PB, 2014.

OETTERER, M.; REGITANO-D' ARCE.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e tecnologia de alimentos**, São Paulo, p. 605, 2006.

TAVARES FILHO, L. F. Q. **Conservação da polpa de cajá por métodos combinados**. 2007. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2007.

TRES, M. V. et al. Determination of Thermal Diffusivity of foods: Experimental Measurements and Numerical Simulation. **Perspectiva** , v. 35, n. 131, p. 43-56, 2011.

VICENTE, A. M. et al. **Refrigeracion, congelamento e envasado de los alimentos**. Madri: Iragra S.A. Bardala, p.277, 1994.

VICENTE, M. A. et al. 1997. **Refrigeración, congelación y envasado de los alimentos**. Editorial A Madrid Vicente Ediciones. 301 p.

**CAPÍTULO IV: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BLEND
DE POLPA DE *Spondias* EM PÓ PELO PROCESSO DE
LIOFILIZAÇÃO**

4.1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil tem participação importante no agronegócio do país, os frutos tropicais apresentam excelente qualidade e sabor exótico, possuindo boa aceitação no mercado como matéria-prima no preparo de sucos, néctares, geleias, e principalmente de polpa congelada. (SOARES et al., 2006; MATTIETTO et al., 2007; CARVALHO et al., 2008). O gênero *Spondias* pertencente à família das Anacardiaceas compreende cerca de 17 espécies, dentre as quais podemos destacar: cajarana (*Spondias sp.*), cajá (*S. lutea*), seriguela (*S. purpúrea* L.) e umbu (*S. tuberosa*), que são exploradas de forma extrativista em várias áreas tropicais e subtropicais do mundo (MITCHEL; DALY, 1995).

Os frutos exercem um papel fundamental na nutrição, além de apresentar grandes concentrações de compostos bioativos que neutralizam a ação dos radicais livres, diminuindo o risco de desenvolvimento de várias doenças crônicas degenerativas (AVELLO; SUWALSKY, 2006). Os blends ou mix de sucos de frutas visa atender os interesses dos consumidores, essa combinação de dois ou mais tipos de frutas apresentam características peculiares que melhoram algumas características sensoriais e de compostos bioativos (BONOMO et al., 2006).

O emprego das baixas temperaturas reduz as reações de degradação e as taxas de transporte em que são perdidas características sensoriais como sabor e aroma por volatilidade (ARAÚJO, 2013). Fellows, (2006) afirma que na liofilização ocorrem alterações mínimas em proteínas, amidos e carboidratos. De acordo com Reineccius (2001), as maltodextrinas são utilizadas principalmente como auxiliares para materiais de difícil secagem, como suco concentrado de frutas. De acordo com Cheng et al. (2002). Ainda há lacunas no que diz respeito à caracterização de frutas tropicais liofilizadas.

De acordo com Araújo (2013), a liofilização mostra-se como processo de desidratação que garante a manutenção da qualidade nutricional e sensorial dos alimentos. A elaboração de blend em pó a partir da desidratação das polpas através do processo de liofilização, fornecer informações sobre a viabilidade da elaboração de um novo produto com grande apelo mercadológico por suas características nutricionais e de inovação, assim como uma alternativa para aproveitamento do excedente da produção.

Diante do exposto, objetivou-se elaborar e caracterizar blend de polpa de frutos do gênero *Spondias* em pó pelo processo de liofilização.

4.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.2.1. Liofilização

Frente a crescente demanda por alimentação saudável que inclui frutos e produtos derivados, os processos de desidratação são de grande importância para tecnologia de alimentos, seja no que diz respeito à conservação dos frutos ou na oferta de produtos disponíveis durante todos os períodos do ano (ARAÚJO, 2013). Segundo Forny et al. (2011), uma quantidade crescente de alimentos tem sido desenvolvida e comercializada na forma de pó. Tais produtos incluem café, cappuccinos, achocolatados, leite, sopas, molhos, bolos, alimentos infantis, entre outros. Esta tendência está principalmente ligada com a conveniência oferecida pelos produtos em pó, sua estabilidade química e microbiológica e a redução dos custos de transporte e armazenamento.

Para que o processo de secagem seja viável do ponto de vista técnico e econômico é necessário, na maioria das vezes, certa concentração de sólidos, utilizando-se para tal a adição de alguns aditivos de grau alimentício. Dentre essas substâncias, os produtos à base de amido parcialmente hidrolisados têm sido bastante utilizados como agente carreador de secagem na obtenção de produtos em pó (BARBOSA, 2010). A eficácia da maltodextrina como adjuvante de secagem ocorre devido a suas propriedades encapsulantes e à baixa difusividade de umidade, apresentando-se como um dos aditivos mais utilizados na microencapsulação de alimentos porque, além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evita a aglomeração das partículas; possui efeito antioxidante e retém os voláteis na faixa de 65 a 80 % (KILMARTIN, et al. 2004; OLIVEIRA et al, 2006).

Segundo Vieira et al. (2007) dentre os diversos produtos desenvolvidos por secagem, merecem destaque aqueles na forma de pó, pois com a utilização desses produtos, elimina-se o inconveniente da vida curta de prateleira, com vantagem da possibilidade da manutenção do material em temperatura ambiente, sem despesas inerentes à conservação a frio. A polpa processada na forma de pó apresenta possibilidade de formulação com outros produtos, baixa relação volume/massa, com conseqüente economia em custos de embalagem, transporte, conservação e espaço de armazenamento, estes resultados agregam valor ao produto. Relacionados aos produtos em pó obtidos com o emprego de secagem.

Congelamento

O congelamento é o primeiro estágio do processo de liofilização. O sucesso depende significativamente deste estágio, uma vez que ele define a forma do poro, o tamanho do poro, a distribuição dos poros e a conectividade dos poros na camada seca formada durante a sublimação, e influenciando, conseqüentemente, os parâmetros que caracterizam a transferência de massa e de calor no produto seco durante a secagem primária e secundária. Se os cristais de gelo são pequenos e descontínuos então a taxa de transferência de massa de vapor de água pode ser limitada. Por outro lado, se o tamanho dos cristais de gelo é formado de maneira apropriada, e a dispersão da solução pré-eutética e pós-eutética congelada é homogênea, a taxa de transferência de massa de vapor de água na camada seca pode se elevar e o produto pode secar mais rapidamente (LIAPIS et al., 1996). De acordo com Partmann (1975), as elevadas taxas de congelamento retêm melhor a qualidade do produto em relação a taxas de congelamento lentas.

Secagem primária

A secagem primária baseia-se na retirada da água livre por sublimação do gelo, nesta fase a água congelada é removida por sublimação. O vapor de água produzido é transportado por difusão através dos poros da estrutura da camada seca e atingem a câmara de secagem do liofilizador. Ao final da secagem primária, o teor de água residual no produto deve ser em torno de 10 a 15%. Os fatores críticos durante a secagem primária são as temperaturas do produto nas camadas seca e congelada, a quantidade de água na camada seca, a velocidade e temperatura da interface e a sua duração (CHAKRABORTY et al., 2006).

Secagem secundária

A secagem secundária envolve a remoção da água ligada por desorção. Consiste na retirada de água que está ligada à estrutura do material, quando não existe mais água na forma de gelo, ao final da secagem secundária este teor de água chega a níveis abaixo de 3%. Essa fase ocorre com velocidade menor que a sublimação, já que o teor de água é

menor quando comparada à água livre do produto (10 a 35% do total de água do material). Consiste na remoção da água fortemente ligada à estrutura do produto por desorção. Esta remoção pode levar tanto tempo para ser removida quanto toda a água livre, devido às fortes ligações com as moléculas constituintes do produto. Os fatores críticos durante a secagem secundária são a temperatura, a quantidade de água do produto e a duração da etapa (ORREGO ALZATE 2008).

4.2.2. Produtos liofilizados

Os pós de frutas podem apresentar alguns problemas em suas propriedades, como stickiness e alta higroscopicidade, devido à presença de baixo peso molecular e ácidos, os quais possuem baixa temperatura de transição vítrea (BHANDARI; HOWES, 2005). Uma alternativa que vem sendo utilizada para secar estes produtos tem sido a adição de aditivos de alto peso molecular no produto, antes de serem secados, para aumentar a temperatura de transição vítrea (SHRESTRA et al., 2007). A maltodextrina é um adjuvante muito utilizado na obtenção de alimentos em pó, incluindo aqueles por liofilização. Maltodextrinas são obtidas pela hidrólise do amido constituídas de unidades β -D-glicose e classificadas de acordo com sua dextrose equivalente (DE) (Kurozawa et al., 2009).

O processo de secagem por liofilização concentrou as características físicas e químicas dos blends de abacaxi com acerola, sendo considerado um método eficiente para redução da atividade de água e para conservação dos alimentos (SILVA et al, 2016).

A alta higroscopicidade dos pós constitui dificuldade de utilização do produto pela alta afinidade por água e em razão da sua composição complexa. No caso de pós de frutas, os açúcares (sacarose, glicose e frutose) são responsáveis por fortes interações com a molécula de água em razão dos terminais polares presentes nessas moléculas. Esses açúcares podem interagir fortemente com vapor de água em seu ambiente em consequência da sua natureza hidrofílica (CARLOS et al, 2005).

O estado amorfo é obtido pela rápida remoção de umidade do material e é caracterizado por um estado metaestável em não equilíbrio mostrando um alto grau de higroscopicidade, influenciando as características do material desidratado, como a tendência de formar aglomerados e o fenômeno de *caking* (BARBOSA, 2010).

O grau de *caking* é expresso como percentagem de pó, que permanecerá em uma peneira de malha com tamanho definido, depois de passar por nova secagem e peneiração do pó aglomerado formado na higroscopicidade teste (JAYA; DAS, 2004).

A capacidade de reidratação de produtos secos é de fundamental importância para caracterizar a qualidade de produtos que serão reconstituídos, de maneira que a absorção deve ser rápida e em maior volume possível, a fim de aumentar o rendimento dos produtos. Esse processo é composto de três etapas simultâneas, que são a embebição do material seco em água, o inchaço dos componentes hidrofílicos e a lixiviação de sólidos solúveis; sendo a absorção de água maior durante a fase inicial, nos estágios seguintes a taxa diminui gradualmente, uma vez que o teor de umidade do produto se aproxima do equilíbrio, quando a água preenche quase todos os poros, e os produtos de frutas recuperam uma percentagem considerável do seu teor de umidade (SOUZA, *et al*, 2011).

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se polpas dos frutos de cajá (*Spondias mombin* L.), cajarana (*Spondias sp.*) e seriguela (*Spondias purpurea* L.). Após a obtenção das polpas acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade com capacidade para 500g e armazenadas em freezer a -18 °C. As polpas foram transportadas em caixas de isopor para o Laboratório de Tecnologia do Frio (LATEF), da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, PB, armazenadas em freezer -18 °C.

O agente carreador de secagem utilizado para as formulações submetidas à liofilização foi a maltodextrina com dextrose equivalente (DE 10).

O blend foi elaborado utilizando-se as polpa de cajá, cajarana e seriguela na proporção 2:1:1, respectivamente. Após a pesagem de cada polpa realizou-se a homogeneização em liquidificador industrial por três minutos, em seguida ocorreu à elaboração das formulações, a maltodextrina foi adicionada ao blend nas concentrações de 0; 10; 20 e 30% (Tabela 4.1), homogeneizando-se em liquidificador industrial por cinco minutos.

Tabela 4.1. Concentração de maltodextrina utilizada no blend de frutos do gênero *Spondias*

Formulação	Blend (Polpa de cajá, cajarana e seriguela)	Maltodextrina DE 10 (%)
F1	2:1:1	10
F2	2:1:1	20
F3	2:1:1	30

Após foram submetidas ao congelamento a -25 °C realizada em freezer comum, e a -50 e -75 °C em balcão criogênico e para todas formulações já citadas anteriormente, por um tempo de 24 horas. A liofilização foi realizada no liofilizador (Christ- ALPHA 1-2), a temperatura de - 40 °C e um vácuo abaixo de 150 µm Hg por 48 horas.

As amostras (em triplicatas) de cada formulação foram colocadas em recipientes de plástico e congeladas na forma de plástico de 10 mm de espessura e após o congelamento foram colocadas dentro de um tubo de vidro com capacidade de 1000 ml e acoplado a válvula (manifolds) do liofilizador. O tempo de liofilização de cada formulação foi de 48 horas. Ao final do processo de liofilização, os blends foram acondicionados em

embalagens metalizadas de polipropileno, revestidas internamente com polietileno, de densidade de $75,1414 \text{ g m}^{-2}$, foram fechadas utilizando-se uma seladora a vácuo. Após o fechamento as embalagens foram devidamente rotuladas e identificadas, constando a data de fabricação e a temperatura de congelamento em que o produto foi liofilizado. O produto foi armazenado a temperatura ambiente, dentro de caixas de isopropileno expandido.

4.3.1. Caracterização físico-química

Análises físico-químicas foram realizadas, em triplicata, quanto: **Teor de água:** baseado na perda de peso de amostra submetida a aquecimento em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas, segundo Association of Official Analytical Chemists-AOAC (2000). Os resultados foram expressos em %; **Resíduo mineral fixo (cinzas):** baseado na perda de peso de amostra submetidas a incineração a $550 \text{ }^\circ\text{C}$, de acordo com AOAC (2000). Os resultados foram expressos em %; **Proteína:** determinada pelo método de Kjeldahl, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), os resultados foram expressos em %; **Lipídeos Totais:** pelo método de Bligh & Dyer, segundo IAL (2008), os resultados foram expressos em %; **Acidez Titulável (AT):** Determinada através da diluição de 1g de pó para 50 mL de água destilada titulada com solução de NaOH 0,1N. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico; **Sólidos Solúveis (SS):** determinados com refratômetro manual, segundo AOAC (2000). Os resultados foram expressos em %; **Açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR),** de acordo com IAL (2008), os resultados foram expressos em %; **Ácido ascórbico (AA)-** dosado por titulometria utilizando-se solução de DFI (2,6 diclo-fenol-indofenol 0,02% até coloração róseo claro permanente, utilizando-se 0,1g de pó diluído em 50mL de ácido oxálico 0,5% de acordo com Strohecker; Henning (1967), os resultados foram expressos em $\text{mg} \cdot 100^{-1} \text{g}$ de polpa; **Clorofila a e b, licopeno e betacaroteno-** quantificados por espectrometria, pelo método proposto por Masaijasu; Ichiji (1992), os resultados foram expressos em $\text{mg} \cdot 100^{-1} \text{g}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, as médias, comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4.2 encontram-se os valores médios da composição centesimal dos pós de blend de frutos do gênero *Spondias* obtidos a partir das formulações F1 (10%), F2 (20%) e F3 (30% de maltodextrina) nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.

Observa-se que o maior teor de água foi encontrado na formulação F1, com diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as formulações e as temperaturas de pré-congelamento anteriores a liofilização. Verifica-se que os menores teores de água foram encontrados nas formulações com a maior concentração de maltodextrina, esta redução pode ser atribuída à maior quantidade de sólidos presentes. Tal comportamento também foi verificado por Sousa et al. (2016), que encontraram os menores teores de água em polpa de cajá em pó na formulação com maior concentração de maltodextrina.

Para os valores de cinzas houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as formulações e temperaturas. Os maiores valores foram obtidos na formulação com menor concentração de maltodextrina (F1) e temperatura de pré-congelamento de -75 °C. Segundo Santos et al. (2015), essa concentração está relacionada com a remoção da água que acarreta acúmulo dos constituintes, como os minerais.

A maior quantidade de proteínas foi encontrada na formulação F1, com menor concentração de maltodextrina. Houve diferença significativa em nível de 5% de probabilidade entre F1, F2 e F3, devido ao aumento da concentração do agente carreador. Quando se considerou a mesma formulação, verificou-se que o aumento do gradiente térmico proporcionou maiores valores de proteínas, com diferença significativa para as temperaturas de -25, -50 e -75 °C . Esses resultados corroboram com os encontrado por Nascimento (2014), que observou aumento no teor de proteínas em polpa de mandacaru e facheiro em pós obtidas pelo processo de liofilização à medida que a temperatura de pré-congelamento diminuiu.

Observou-se que o blend em pó da formulação F1 e temperatura de pré-congelamento de -75 °C apresentou o maior teor de lipídeos ($p \leq 0,05$) em relação as demais formulações e temperaturas. Esse comportamento foi observado por Nascimento (2014) em polpa em pó de em polpa de mandacaru e facheiro em pós obtidas pelo processo de liofilização. As frutas utilizadas na elaboração do blend (cajá, cajarana e seriguela) não

são consideradas fontes de lipídeos. Os valores encontrados estão relacionados à retirada de água do produto pela liofilização o que proporcionou na concentração de nutrientes.

Tabela 4.2. Valores médios das análises físico-química dos pós de blend de frutos do gênero *Spondias* obtidos a partir das formulações com 10, 20 e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.

Parâmetros	Temp. (°C)	Concentração de maltodextrina(%)		
		F1 (10%)	F2 (20%)	F3 (30%)
Teor de água (%)	-25°C	12,70 aA	9,80 aB	6,70 aC
	-50°C	11,73bA	8,63 bB	5,70 bC
	-75°C	11,20 cA	8,17 cB	5,37 cC
Cinzas (%)	-25°C	1,89 cA	1,51 cB	1,30 cC
	-50°C	1,97 bA	1,78 bB	1,45 bC
	-75°C	2,05 aA	1,86 aB	1,56 aC
Proteínas (%)	-25°C	2,58 cA	2,46 cB	2,32 cC
	-50°C	2,73 bA	2,63 bB	2,54 bC
	-75°C	2,89 aA	2,76 aB	2,65 aC
Lipídeos Totais (%)	-25°C	0,384 cA	0,237 cB	0,097 cC
	-50°C	0,404 bA	0,257 bB	0,117 bC
	-75°C	0,444 aA	0,297 aB	0,157 aC

Onde: Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey para as linhas e Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey para as colunas. Formulação 1 (Blend + 10% Maltodextrina); Formulação 2 (Blend + 20% Maltodextrina) e Formulação 3 (Blend + 30% Maltodextrina)

Na Tabela 4.3 encontram-se os valores médios das análises físico-química dos pós de blend de frutos do gênero *Spondias* obtidos a partir das formulações F1 (10%), F2 (20%) e F3 (30% de maltodextrina) nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os resultados de acidez. O aumento na concentração de maltodextrina reduziu a quantidade de ácido cítrico nos blends. Comportamento semelhante foi descrito por Canuto (2011), que verificou redução na acidez de mamão liofilizado com a adição de maltodextrina na acidez. O blend pré-congelado antes do processo de liofilização a -75 °C apresentou maior quantidade de ácido

em relação às demais temperaturas. Quanto menor a temperatura e a concentração de maltodextrina maior foram à quantidade de ácido cítrico nos blends em pó.

Percebeu-se que com o aumento na concentração de maltodextrina também ocorreu aumento nos teores de sólidos solúveis, açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não redutores. Esse comportamento também foi observado por Oliveira et al., (2016), em polpa de cajá liofilizada. Silva et al. (2016), verificaram aumento no teor de sólidos solúveis de blend de abacaxi com acerola obtido pelo método de liofilização.

Tabela 4.3. Valores médios das análises físico-química dos pós de blend de frutos do gênero *Spondias* obtidos a partir das formulações com 10, 20 e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.

Parâmetros	Temp. (°C)	Concentração de maltodextrina(%)		
		F1	F2	F3
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	-25°C	3,8651 cA	3,1698 cB	2,4757 cC
	-50°C	3,8761 bA	3,1808 bB	2,4867 bC
	-75°C	3,8871 aA	3,1918 aB	2,4977 aC
Sólidos solúveis (%)	-25°C	58,30 cC	67,50 cB	76,90 cA
	-50°C	58,75 bC	67,91 bB	77,10 bA
	-75°C	58,92 aC	68,25 aB	77,41 aA
Açúcares totais (%)	-25°C	49,12 cC	58,47 cB	67,12 cA
	-50°C	49,58 bC	58,73 bB	67,39 bA
	-75°C	49,93 aC	59,10 aB	67,67 aA
Açúcares redutores (% glicose)	-25°C	46,55 cC	55,43 cB	63,60 cA
	-50°C	46,82 bC	55,59 bB	63,78 bA
	-75°C	47,08 aC	55,77 aB	67,67 aA
Açúcares não redutores (% sacarose)	-25°C	2,57 bC	3,04 bB	3,52 bA
	-50°C	2,76 aC	3,14 aB	3,61 bA
	-75°C	2,85 aA	3,33 aB	3,80 aA

Onde: Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey para as linhas e Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey para as colunas. Formulação 1 (Blend + 10% Maltodextrina); Formulação 2 (Blend + 20% Maltodextrina) e Formulação 3 (Blend + 30% Maltodextrina)

Na Tabela 4.4. encontram-se os valores médios dos compostos bioativos dos pós de blend de frutos do gênero *Spondias* obtidos a partir das formulações F1 (10%), F2 (20%) e F3 (30% de maltodextrina) nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.

Tabela 4.4. Valores médios dos compostos bioativos dos pós de blend de frutos do gênero *Spondias* obtidos a partir das formulações com 10, 20 e 30% de maltodextrina nas temperaturas de pré-congelamento de -25, -50 e -75°C.

Compostos bioativos	Temp. (°C)	Concentração de maltodextrina(%)		
		F1 (10%)	F2 (20%)	F3 (30%)
Ácido Ascórbico (mg.100 ⁻¹ g)	-25°C	121,46 cA	112,46 cB	91,92 cC
	-50°C	136,66 bA	123,43 bB	112,30 bC
	-75°C	177,03 aA	167,17 aB	146,09 aC
Clorofila A (mg.100 ⁻¹ g)	-25°C	148,35 cC	156,95 cB	217,15 cA
	-50°C	162,15 bC	171,88 bB	237,35 bA
	-75°C	172,50 aC	182,50 aB	252,50 aA
Clorofila B (mg.100 ⁻¹ g)	-25°C	242,95 cC	260,15 cB	354,75 cA
	-50°C	265,55 bC	284, 35 bB	387,75 bA
	-75°C	282,50 aC	302,50 aB	412,50 aA
Licopeno (mg.100 ⁻¹ g)	-25°C	43,00 cC	60,20 cB	96,750 cA
	-50°C	47,00 bC	65,00 bB	105,75 bA
	-75°C	50,00 aC	70,00 aB	112,50 aA
Betacaroteno (mg.100 ⁻¹ g)	-25°C	245,32 cA	113,95 cB	24,73 cC
	-50°C	268,14 bA	124,55 bB	27,03 bC
	-75°C	285,21 aA	132,50 aB	28,75 aC

Onde: Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey para as linhas e Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey para as colunas. Formulação 1 (Blend + 10% Maltodextrina); Formulação 2 (Blend + 20% Maltodextrina) e Formulação 3 (Blend + 30% Maltodextrina)

Verifica-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os resultados de Ácido Ascórbico (AA). A formulação F1 com menor concentração de maltodextrina e temperatura de pré-congelamento de $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentou a maior quantidade de AA de 177 mg/100g. Os resultados encontrados foram superior aos obtidos por Oliveira et al. (2014), que encontraram 90,4mg/100g de AA em polpa de cajá liofilizada, estes autores também relataram redução de AA com acréscimo de maltodextrina. A adição de maltodextrina influenciou negativamente, pois reduziu os teores de AA, enquanto que a temperatura de pré-congelamento antes da liofilização influenciou positivamente, pois ocorreu manutenção de AA. A manutenção de AA é altamente relevante no processo de secagem, pois viabiliza o armazenamento e permite agregar valor, favorecendo o consumo do produto submetido a este processo (SANTOS, 2015).

Ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os resultados de Clorofila A, Clorofila B e Licopeno. A maior quantidade de Clorofila A (252,50 mg/100g), Clorofila B (412,50 mg/100g) e Licopeno (112,50 mg/100g) foi encontrado na formulação F3 (30% de maltodextrina) e temperatura de pré-congelamento de $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$. A maltodextrina e a baixa temperatura foram eficientes na manutenção destes pigmentos. Segundo Todisco (2012), os agentes carreadores formam uma película protetora sobre as moléculas dos pigmentos, evitando a degradação pelo oxigênio, luz e enzimas.

Para o betacaroteno foi observado diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as formulações e as temperaturas. A maior quantidade deste pigmento foi obtido no blend da formulação F1 (281,21 mg/100g) e temperatura de $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$. A menor temperatura ($-75\text{ }^{\circ}\text{C}$) utilizada no congelamento do blend não influenciou nas perdas deste pigmento. Enquanto que a maior quantidade de maltodextrina favoreceu a perda do betacaroteno.

4.5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste estudo conclui-se que:

- A formulação F3, com 30% de maltodextrina apresentou menor teor de água, cinzas, proteína e lipídeos;
- A acidez foi reduzida com o aumento da concentração de maltodextrina, enquanto os sólidos solúveis, açúcares totais, redutores e não redutores aumentaram à medida que ocorreu o aumento da maltodextrina;
- Quanto aos compostos bioativos, o ácido ascórbico e betacaroteno foram reduzindo com o aumento da concentração de maltodextrina, já a clorofila A, clorofila B e licopeno tiveram maiores valores na formulação com maior concentração de maltodextrina (30%).
- Na temperatura de -75 °C utilizada no congelamento antes da liofilização observou-se os melhores resultados em relação às demais temperaturas em todos os parâmetros avaliados.

4.6. REFERÊNCIAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17 ed. Arlington, 2000.

ARAÚJO, S. R. F. **Elaboração de misturas em pó das polpas de mamão e acerola**, 2013. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza-CE, 2013.

AVELLO, M.; SUWALSKY, M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de proteccion. Atena, **Concepción**, v. 494, n. 2, p. 161-172, 2006.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010

BHANDARI, B. R; HOWES, T. Relating the stickiness property of foods undergoing drying and dried products to their surfasse energetics. **Drying Technology**, v. 23, n. 4, p. 781-797, 2005.

BONOMO, R. C. F. et al. Desenvolvimento e avaliação sensorial de um “mix” de polpa congelada à base de cajá (*Spondias mombim L.*) e graviola (*Annona muricata L.*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.1, p.11-15, 2006.

CANUTO, H. M. P. **Mamão (*Carica papaya L.*) liofilizado em pó: Avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. 2011. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Ceará-Fortaleza, 2011.

CARLOS, L. A.; RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Redução da Higroscopicidade de Pós Liofilizados pela Indução da Cristalização em Soluções-Modelo de Açúcares Constituintes de Frutas. **Braz. J. Food Technol.**, v.8, n.2, p. 163-173, 2005.

CARVALHO, P.C. L. et al. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 30, v. 1, p. 140-147, 2008.

CHAKRABORTY, R.; SAHA, A. K.; BHATTACHARYA, P. Modeling and simulation of parametric sensitivity in primaryfreeze-drying of foodstuffs. **Separation and Purification Technology**, v. 49, n. 3, p. 258-263, 2006.

CHENG, J.; YANG, Z. R.; CHEN, E. H. Q. Analytical solutions for the moving interface problem in freeze-drying with or without back heating, **Dring Tecnology**, v. 20, n. 3, p. 553-567, 2002.

FELLOWS, P.J. Tecnologia do Processamento de Alimentos- princípios e prática, Porto Alegre: Artemed, 2006. 602p.

- IAL-Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**/versão digital. 4ª edição, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020.
- KILMARTIN, P. A.; REID, D. S.; SAMSON, I. Dielectric properties of frozen Maltodextrin solutions with added NaCl across the glass transition, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.84, p. 1277–1284, 2004.
- Kurozawa, L. E.; Park, K. J.; Hubinger, M. D. Effect of maltodextrina and gum arabic on water sorption and glass transition temperature of spray dried chicken meat hydrolysate protein, **Journal of Food Engineering**, v.91, p.287-296, 2009.
- JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125-134, 2004.
- LIAPES, A. L. **Freeze drying**. In Hanbook of Industrial Dryig, Mujumdar, a. s. Ed.; Marcel Dekker, Inc: New York, p. 295326, 1987.
- MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.3, p. 456-463, 2007.
- MASAIJASU, N.; ICHIJI, Y. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **The Japanese Society for Food Science and Technology**. v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.
- MITCHELL, J. D.; DALY, D.C. Revisão das espécies neotropicais de *Spondias* (Anacardiaceae). In: Congresso Nacional de Botânica, 46., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1995.
- NASCIMENTO, A. M. G. **Aproveitamento agroindustrial de cactáceas do semiário brasileiro**. 2014. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Campina Grande-PB, 2016.
- OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2006.
- OLIVEIRA G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. R. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1059–1064, 2014
- ORREGO ALZATE, C. E. **Congelación y Liofilización de Alimentos**. Manizales, Caldas, Colômbia. p. 49 – 65, 2008.
- PARTMANN, W. **The effects of freezing and thawing on food quality**, In: R. B. Duckworth (Ed.), Water relations of foods. London: Academic Press Inc. p. 505-537, 1975

- REINECCIUS, G. A. Multiple-core encapsulation: the spray drying of food ingredients. In: VILSTRUP, P. **Microencapsulation of food ingredients**. Surrey, Leatherhead Publishing, 2001, p.151-185.
- SANTOS, D. C. et al. Secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.9, n.2, p.1875-1887, 2015.
- SANTOS, M. N. G. **Avaliação de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica dc.*) submetida ao congelamento e atomização**. 2015. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás- Goiânia, 2015.
- SOARES, E. B. et al. Caracterização física e química de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 518-519, 2006.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- SILVA, M. J. S. et al. Caracterização físico-química de blend de abacaxi com acerola obtido pelo método de liofilização. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento Sustentável**, v.11, n. 5, p. 110-113, 2016.
- SHRESTRA, A. K. et al. Glass transition behavior of apraydried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). **International Journal of Food Properties**, v. 10, p. 661-673, 2007.
- SOUSA, F. C. et al. Caracterização do cajá *in natura*, formulado e liofilizado. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC), Foz do Iguaçu **Anais...** Foz do Iguaçu – PR, 2016
- STROHECHER, R. HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.
- TODISCO, K. M. **Polpa de siriguela (*Spondias purpurea L.*) em pó atomizada: caracterizações físicas, físicoquímicas, compostos bioativos e avaliação do comportamento higroscópico**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado de Ciência de Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.
- VIEIRA, H.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, n. 1, v.7, p.11-20, 2007.

