



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ANDREZA FELIPE ADRIANO

OBTENÇÃO DE POLPA DE MANGA EM PÓ DAS VARIEDADES KENT E KEITT
PELO PROCESSO DE SPRAY-DRYING

FORTALEZA

2019

ANDREZA FELIPE ADRIANO

OBTENÇÃO DE POLPA DE MANGA EM PÓ DAS VARIEDADES KENT E KEITT
PELO PROCESSO DE SPRAY-DRYING

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: ciência e tecnologia de produtos de origem vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Andréa Cardoso de Aquino

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A1o Adriano, Andreza Felipe.
Obtenção de polpa de manga em pó das variedades Kent e Keitt pelo processo de spray drying / Andreza Felipe Adriano. – 2019.
138 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa.
Coorientação: Prof. Dr. Andréa Cardoso de Aquino .
1. Manga. 2. Spray drying. 3. Maltodextrina. I. Título.

CDD 664

ANDREZA FELIPE ADRIANO

OBTENÇÃO DE POLPA DE MANGA EM PÓ DAS VARIEDADES KENT E KEITT
PELO PROCESSO DE SPRAY-DRYING

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: ciência e tecnologia de produtos de origem vegetal.

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. José Maria Correia da Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a Dr^a. Andréa Cardoso de Aquino (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luis Gomes de Moura Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
(IFPE)

Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Juliane Doeringa Gasparim
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus,
Aos meus pais José Adriano Filho e
Luciana Felipe Adriano,
Ao meu namorado Fábio Roger
Vasconcelos,
A todos os meus professores durante a
vida,
Dedico.

AGRADECIMENTO

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Departamento de Engenharia de Alimentos pela oportunidade de participar do programa de pós-graduação. A coordenação e secretaria do curso pelo auxílio e informações prestadas.

Ao Professor José Maria Correia da Costa pela orientação prestada, por toda a paciência, disponibilidade, pelos conhecimentos compartilhados e atenção, me mostrando o rumo certo em toda a trajetória do mestrado.

A Prof^a Andréa Cardoso de Aquino pela coorientação prestada e pela contribuição indispensável a este trabalho.

Ao Dr. Nédio Jair Wurlitzer pelo fornecimento da matéria-prima, pela amizade e pela confiança.

Aos membros da banca pela disponibilidade, atenção, conselhos e correções.

Aos meus colegas do Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de Alimentos (LACONSA) da Universidade Federal do Ceará, Ana Paula, Janaína, Jovan, Karla, Morgana, Diácomo, Luciana, Karoline, por toda a ajuda, os conhecimentos compartilhados, os momentos vividos e pelo companheirismo.

Aos meus pais José Adriano Filho e Luciana Felipe Adriano que sempre me apoiaram, encorajaram e incentivaram em todos os meus projetos de vida e que sempre me perdoaram pela ausência em momentos familiares visando o crescimento profissional.

Ao meu companheiro Fábio Roger Vasconcelos pelos muitos conselhos, ajuda, incentivo e paciência, por sempre está ao meu lado e respeitar minhas escolhas e opiniões.

A minha família e amigos que estiveram sempre ao meu lado.

Ao meu psiquiatra, Dr. Rodrigo por entender e atender minhas frustrações e medos prontamente, me dando discernimento para a conclusão desse trabalho.

Aos meus sogros Dona Fátima e Seu Expedito, ao meu cunhado Robson e em especial ao meu cunhado Márcio Rogério que está na presença de Deus, por todo o apoio, companheirismo e todos os bons momentos que compartilhamos juntos.

“É pelo trabalho que a mulher vem diminuindo a distância que a separava do homem, somente o trabalho poderá garantir-lhe uma independência concreta”

(Simone de Beauvoir)

RESUMO

A manga é um fruto de sabor único, muito apreciado e consumido no país e no mundo, porém, devido a sua alta perecibilidade, é necessário o uso de técnicas de processamento para estender sua disponibilidade para além da época de colheita. A desidratação por spray drying é uma técnica para a obtenção de polpa em pó, que além de manter os nutrientes em sua maioria, mantém também características organolépticas e aumenta a vida útil do produto. Para o aumento do rendimento e melhora das características do pó é utilizado um agente carreador como a maltodextrina. O objetivo deste trabalho foi a obtenção de polpa de manga em pó, pelo processo spray drying, utilizando mangas das variedades Kent e Keitt, caracterizando físico-quimicamente, reologicamente e morfologicamente. As polpas de manga foram gentilmente cedidas pela EMBRAPA agroindústria tropical, as mangas tendo origem em Petrolina-PE. Com a realização dos ensaios do planejamento experimental, com concentrações de 10, 20 e 30% de maltodextrina, foi escolhido o pó com menor umidade e maior quantidade de ácido ascórbico, polpa em pó com 30% de maltodextrina, em ambas as variedades. As análises revelaram que o material diminuiu sua umidade, atividade de água, parâmetro b^* , conseqüentemente aumentou os sólidos solúveis, açúcares, acidez e o parâmetro L^* . A estabilidade teve duração de 90 dias, com análises a cada 15 dias, usando duas embalagens, transparente e laminada, em temperatura ambiente. A embalagem laminada se mostrou mais eficiente na conservação das características do pó. Na análise morfológica foi observado a eficiência da encapsulação da maltodextrina, mostrando partículas lisas e com propriedades amorfas, com uma tendência a diminuição do diâmetro quando há aumento na concentração de maltodextrina. A análise de difração de raio X também mostrou características amorfas em todas as amostras. Foi observado no potencial zeta que a medida que se aumenta a concentração de maltodextrina mais negativa é a carga das moléculas, conseqüentemente menor a aglomeração. Na temperatura de transição vítrea foi observado que a temperatura para que ocorra a transição aumenta à medida que há o aumento da concentração de maltodextrina. O modelo GAB foi o que mais se ajustou as isotermas das polpas de manga em pó de ambas as variedades, apresentando uma conformação de curva nos gráficos do tipo III,

característica de polpas de frutas. A reologia do pó, através do índice de fluxo caracterizou o produto como pó com tendência ao fluxo coesivo.

Palavras-chave: Manga. spray-drying. maltodextrina.

ABSTRACT

Mango is a fruit with a unique flavor, much appreciated and consumed in the country and in the world. However, due to its high perishability it is necessary to use processing techniques to extend their availability beyond the harvest season. The dehydration of the spray drying technique that transform the fruit pulp into powder maintaining most of its organoleptic characteristics and increasing the useful life. Thus, for the use of such a process it is necessary to use a carrier agent such as maltodextrin. Thus, the objective of this work was to evaluate the powder of mango pulp of the Kent and Keitt varieties, characterizing its physico-chemical, rheological and morphological characteristics. Mango pulps were generously provided by Embrapa Agroindústria Tropical, and mangoes were obtained in the city of Petrolina (PE). The experimental design assays were carried out with three different concentrations of maltodextrin (10, 20 and 30%), where, after analysis, the pulp mixed with 30% maltodextrin presented a powder with lower moisture, higher amount of ascorbic acid, for both varieties. the analysis showed that in this concentration of maltodextrin it favors the decrease of the moisture content, the water activity, the parameter b^* of color and, consequently, increases the soluble solids, sugars, total acidity and the L^* parameter of the pulp powder. The stability study of the powder was evaluated for 90 days using two different packages (transparent and laminated), where the laminate was more suitable for preservation, since the morphological analysis of the powder in this package showed smooth particles with amorphous properties, and still tending to decrease the particle size with increasing maltodextrin concentration. These characteristics were confirmed by x-ray diffraction analysis, whereas in the zeta potential analysis it was shown that the increase in the concentration of maltodextrin produces more negatively charged powder, which favors a lower agglomeration of the powder. The glass transition temperature analysis also showed that this increase in the concentration of maltodextrin also increases the transition temperature. Among the models studied, the GAB model was the one that best adjusted the isotherms of the mango pulps of the two varieties, presenting type III graphs, characteristic for fruit pulps. The rheological analyzes of the powder showed a characteristic of powder with tendency to the cohesive flow of fluidity.

Keywords: Mango. spray-drying. maltodextrin.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Esquema do equipamento spray dryer presente no LACONSA/DEAL/ UFC..... | 30 |
| Figura 2 - Isoterma genérica de adsorção e dessorção..... | 34 |
| Figura 3 - Comparação de diagramas do microscópio ótico e do microscópio eletrônico de varredura. | 37 |
| Figura 4 - Comportamento de fluidos newtonianos e não newtonianos, em função da tensão de cisalhamento e da taxa de deformação. | 39 |
| Figura 5 - Ilustração do tubo de raio X..... | 40 |
| Figura 6 - Ilustração da Lei de Bagg..... | 40 |
| Figura 7- Ilustração do gráfico de temperatura de transição vítrea para materiais amorfos e cristalinos em função da porcentagem de sólidos. | 41 |
| Figura 8 - Imagens microscópicas das amostras de polpas de manga em pó, das variedades Kent e Keitt, encapsuladas com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 69 |
| Figura 9 - Difratoograma do agente carreador maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração..... | 72 |
| Figura 10 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Kent com 10% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração...72 | |
| Figura 11 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Kent com 20% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração...72 | |
| Figura 12 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Kent com 30% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração...73 | |
| Figura 13 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Keitt com 10% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração...73 | |
| Figura 14 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Keitt com 20% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração...73 | |
| Figura 15 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Keitt com 30% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração...74 | |

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Tensão não confinada de deslizamento em função da tensão principal de consolidação para a polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina.....78
- Gráfico 2 - Tensão não confinada de deslizamento em função da tensão principal de consolidação para a polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina.....79
- Gráfico 3 - Densidade aparente da polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, em função da tensão principal de consolidação.80
- Gráfico 4 - Densidade aparente da polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, em função da tensão principal de consolidação.81
- Gráfico 5 - Ângulo de atrito com as paredes, das polpas em pó de manga da variedade Kent com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, em função da tensão principal de consolidação (σ_1).83
- Gráfico 6 - Ângulo de atrito com as paredes, das polpas em pó de manga da variedade Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, em função da tensão principal de consolidação (σ_1).84
- Gráfico 7 - Curvas de transição vítrea em função do fluxo de calor e da temperatura para a polpa de manga em pó da variedade Kent, com 10%, 20% e 30% de maltodextrina.87
- Gráfico 8 - Curvas de transição vítrea em função do fluxo de calor e da temperatura para a polpa de manga em pó da variedade Keitt, com 10%, 20% e 30% de maltodextrina.88
- Gráfico 9 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 10% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C.91
- Gráfico 10 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 20% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C.92

| | |
|---|----|
| Gráfico 11 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 30% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C. | 92 |
| Gráfico 12 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 10% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C. | 95 |
| Gráfico 13 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 20% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C. | 96 |
| Gráfico 14 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 30% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C. | 96 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Composição química de polpa de manga madura, armazenada a 28°C, cultivares Keitt e Kent..... | 27 |
| Tabela 2 - Caracterização físico-química e física das polpas de manga in natura das variedades Kent e Keitt..... | 53 |
| Tabela 3 - Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físicos e físico-químicos da polpa de manga em pó da variedade Kent em diferentes concentrações de maltodextrina..... | 60 |
| Tabela 4 - Valores médios e desvios padrões resultantes de análise colorimétrica da polpa de manga em pó da variedade Kent em diferentes concentrações de maltodextrina. | 62 |
| Tabela 5 - Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físicos e físico-químicos da polpa de manga em pó da variedade Keitt em diferentes concentrações de maltodextrina..... | 64 |
| Tabela 6 - Valores médios e desvios padrões resultantes de análise colorimétrica da polpa de manga em pó da variedade Keitt em diferentes concentrações de maltodextrina. | 68 |
| Tabela 7 - Resultados das tensões de consolidação e não confinadas de deslizamento dos pós de manga da variedade Kent adicionados de 10, 20 e 30% de maltodextrina..... | 75 |
| Tabela 8 - Resultados das tensões de consolidação e não confinada de deslizamento dos pós de manga da variedade Keitt adicionados de 10, 20 e 30% de maltodextrina..... | 76 |
| Tabela 9 - Relação do índice de fluxo com a escoabilidade dos pós. | 76 |
| Tabela 10 - Índice de fluxo dos pós das polpas de manga das variedades Kent e Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina. | 77 |
| Tabela 11 - Ângulo de atrito com as paredes, da polpa em pó de polpa de manga da variedade Kent com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina..... | 82 |
| Tabela 12 - Ângulo de atrito com as paredes, da polpa em pó de polpa de manga da variedade Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina..... | 83 |
| Tabela 13 - Valores do potencial zeta para as polpas em pó de polpa de manga das variedades Kent e Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina nas soluções. | 85 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 14 - Dados das isotermas dos modelos GAB, BET, Henderson e Oswin para as temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C nas amostras de polpa em pó de manga da variedade Kent com concentração de 10%, 20% e 30% de maltodextrina..... | 90 |
| Tabela 15 - Dados das isotermas dos modelos GAB, BET, Henderson e Oswin para as temperaturas 25, 30, 35 e 40°C nas amostras de polpa de manga em pó da variedade Keitt, nas concentrações com 10%, 20% e 30% de maltodextrina..... | 94 |
| Tabela 16 - Caracterização físico-química e física das polpas de manga em pó das variedades Kent e Keitt..... | 97 |
| Tabela 17 - Resultados do parâmetro umidade, em porcentagem, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes..... | 106 |
| Tabela 18 - Resultados do parâmetro atividade de água da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes..... | 108 |
| Tabela 19 - Resultados do parâmetro sólidos solúveis totais, em ° Brix, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes. | 109 |
| Tabela 20 - Resultados do parâmetro pH da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes. | 110 |
| Tabela 21 - Resultados do parâmetro acidez total titulável, em porcentagem de ácido cítrico, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes. | 112 |
| Tabela 22 - Resultados do parâmetro ácido ascórbico, em miligramas de ácido ascórbico por cem gramas, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes. | 113 |
| Tabela 23 - Resultados do parâmetro cor, coordenada L*, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes..... | 114 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 24 - Resultados do parâmetro cor, coordenada a*, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes..... | 115 |
| Tabela 25 - Resultados do parâmetro cor, coordenada b*, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes..... | 116 |
| Tabela 26 - Resultados do parâmetro solubilidade, em porcentagem, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes..... | 118 |
| Tabela 27 - Resultados do parâmetro higroscopicidade, em gramas por cem gramas, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes... | 119 |
| Tabela 28 - Resultados do parâmetro grau de caking, em porcentagem, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes. | 120 |

SUMÁRIO

| | | |
|------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 20 |
| 2 | OBJETIVOS | 23 |
| 2.1 | Objetivo principal | 23 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 23 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 24 |
| 3.1 | Fruticultura brasileira | 24 |
| 3.2 | A Manga | 25 |
| 3.3 | Polpa de fruta | 26 |
| 3.4 | Secagem de alimentos | 28 |
| 3.5 | Secagem em <i>spray-dryer</i> | 28 |
| 3.6 | Características dos pós de frutos | 30 |
| 3.7 | Agentes carreadores de secagem | 31 |
| 3.8 | Isotermas de sorção | 33 |
| 3.9 | Modelos matemáticos de isotermas de sorção | 34 |
| 3.10 | Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) | 36 |
| 3.11 | Propriedades reológicas | 37 |
| 3.12 | Difração de raio X | 39 |
| 3.13 | Temperatura de transição vítrea | 41 |
| 3.14 | Potencial zeta | 42 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 43 |
| 4.1 | Local de execução do projeto | 43 |
| 4.2 | Matéria-prima | 43 |
| 4.3 | Secagem das polpas de manga | 43 |
| 4.4 | Planejamento experimental | 44 |
| 4.5 | Rendimento | 44 |
| 4.6 | Análise de estabilidade dos pós | 45 |
| 4.7 | Determinações físico-químicas | 45 |
| 4.8 | Avaliação morfológica | 51 |
| 4.9 | Avaliação reológica | 52 |
| 4.10 | Potencial Zeta | 52 |
| 4.11 | Difração de Raio X | 52 |

| | | |
|------|---|-----|
| 4.12 | Temperatura de transição vítrea | 52 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 53 |
| 5.1 | Caracterização das polpas de manga variedade Keitt e Kent | 53 |
| 5.2 | Planejamento experimental | 60 |
| 5.3 | Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) | 69 |
| 5.4 | Difração de Raio X | 70 |
| 5.5 | Parâmetros reológicos dos pós de manga | 75 |
| 5.6 | Potencial zeta dos pós de manga | 85 |
| 5.7 | Transição vítrea | 86 |
| 5.8 | Isotermas..... | 88 |
| 5.9 | Caracterização das polpas de manga em pó | 97 |
| 5.10 | Estabilidade dos pós de manga das variedades Kent e Keitt..... | 106 |
| 6 | CONCLUSÃO..... | 122 |
| | REFERÊNCIAS..... | 123 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutos do mundo, ficando atrás apenas da China e Índia. Em 2017, a produção no país foi de 43,5 milhões de toneladas, um pouco abaixo do ano anterior, 2016, que foi de 44,8 milhões de toneladas, tendo aumentos ao longo do ano de 2018 (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018).

Dentre as frutas produzidas no Brasil, o cultivo da manga tem se intensificado nas regiões Nordeste e Sudeste, onde a produção foi destinada ao mercado interno até 1980. De 1990 a 2007 houve crescimento da área de cultivo de manga na ordem de 67,56% de acordo com Silva e Coelho (2010). A quantidade de manga cultivada, vem atendendo a demanda mundial, principalmente com a introdução de novas variedades (Tommy Atkins, Palmer, Haden, Keitt e Kent), além das variedades já predominantes como as Espada, Rosa e Itamaracá (ARAÚJO; MORAIS; CARVALHO, 2017).

No Nordeste, o estado do Ceará se destaca como segundo maior produtor de frutos, com área de 380 mil hectares de plantio. Em 2014, devido a crise hídrica sofrida no Ceará, a produção de frutos teve queda de 33% de plantio. Porém em 2016 houve reposição das águas dos açudes da região, devido ao período chuvoso intenso propiciou o desenvolvimento da fruticultura no estado, novamente (SOUSA *et al.*, 2016).

No Nordeste, as cidades de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE) contribuíram com grande destaque no ano de 2017, com aproximadamente 353.689 toneladas e 230.381 toneladas de manga colhidas, respectivamente (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018).

A manga (*Mangifera indica* L.) caracteriza-se pelo seu sabor e aroma bem definidos, apreciada em mais de 103 países, originada na Ásia, mais precisamente na Índia, onde até hoje é o maior produtor mundial. Embora a produção nacional tenha caído desde 2010, segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), o Brasil está em sétimo lugar no ranking de produtores de manga no mundo (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018).

Por ser uma fruta carnosa, a manga se deteriora rapidamente e está sujeita a injúrias, principalmente, no processo de colheita e pós-colheita. Estima-se que cerca de 40% da produção seja descartada, proveniente de técnicas inadequadas de colheita, estrutura falha para o armazenamento durante a colheita a espera para processamento, falta de logística na distribuição e pouca informação sobre qualidade de manuseio do produto pelo produtor, lojista e consumidor (FACHINELLO *et al.*, 2011).

As variedades Kent e Keitt possuem frutos grandes de cascas avermelhadas, polpas de cor amarelo intenso e com 20 °Brix em sua polpa, aproximadamente. São variedades bem parecidas entre si, possuem polpas não fibrosas e sensíveis à deterioração, sendo estas características favoráveis para processamento (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Estas variedades de manga são comumente usadas para exportação, pois seu plantio iniciou-se na época em que o uso de novas tecnologias para melhoramento de plantio estava sendo implementado, emprego de irrigação, escolha de cultivar pelas suas características dominantes e adaptabilidade ao local, estabilidade de produção e susceptibilidade a pragas (COSTA; SANTOS, 2010).

Muitos métodos de conservação foram criados com o intuito de se obter produtos com maior vida útil, mantendo a maior parte das características sensoriais e nutricionais. Dentre eles, podemos citar o congelamento, resfriamento, a aplicação de biofilmes e secagem. Esse último sempre foi utilizado com a finalidade de preservação através da eliminação de água.

Uma das primeiras técnicas considerada moderna, foi a utilização de estufa para se ter maior controle da temperatura de secagem, porém é um processo com limitações, por exemplo, o clima da região em que está sendo utilizada. Com o tempo, outras tecnologias foram empregadas, como leito fluidizado e desidratação osmótica (JORGE, 2014).

Atualmente, as técnicas de secagem mais amplamente utilizadas aplicam um dos seguintes princípios: o aquecimento do produto, como *drum-drying* e *spray drying*, e o vácuo no caso da liofilização.

O processo de secagem no equipamento *spray-dryer* consiste em pulverizar o produto líquido dentro de uma câmara com o auxílio de um bico aspersor, em seguida, o produto é submetido a uma corrente de ar quente no sentido concorrente

ou contracorrente à pulverização, o que promove a evaporação da água, produzindo assim o pó que fica contido em um recipiente (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

A secagem por *spray-dryer* uniformiza o tamanho das partículas de acordo com o seu bico. Nesse processo, a temperatura é controlada e o material não fica em contato com o ar tempo suficiente para que ocorra modificações de suas características básicas (CARVALHO, 2011).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo a obtenção da polpa de manga em pó das variedades Kent e Keitt através do processo de secagem por *spray-drying*, e o estudo das características química, físicas, higroscópicas, morfológicas e reológicas dos pós obtidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

- Obtenção de polpa de manga em pó das variedades Kent e Keitt, utilizando o processo de *spray-drying*.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterização física e físico-química da polpa de manga das variedades Kent e Keitt;
- Caracterização física e físico-química da polpa de manga em pó das variedades Kent e Keitt, obtidos pelo processo de *spray-drying*;
- Estudo da estabilidade do pó das polpas de manga Keitt e Kent no que se refere às propriedades físicas, físico-químicas e higroscópicas em dois tipos de embalagens, laminada e de transparente (polietileno);
- Análise as propriedades reológicas das polpas das mangas em pó;
- Estudo das características do pó através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raio x, potencial zeta e temperatura de transição vítrea.
- Estudo do comportamento higroscópico da polpa de manga em pó através da construção das isotermas de adsorção aplicando os modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson e Oswin para o ajuste das isotermas de sorção;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fruticultura brasileira

De acordo com o boletim de inteligência do SEBRAE (2016), o Brasil possui um grande potencial para exportação de frutos, visto que apresenta produtos de alta qualidade, diversidade e ampla aptidão para a produção.

Segundo o Anuário Brasileiro de Fruticultura de 2018, o Brasil está em 3º lugar no ranking mundial dos produtores de frutos, porém, está em 23º no ranking de exportação global, e isso se deve a burocracia nos processos de exportação, além de falta de modernização nas estradas, portos e aeroportos do país. A exportação de frutas frescas e derivados gerou um total de 812.846 milhões de dólares e 861.501 mil toneladas no ano de 2017. Podemos observar um grande potencial, visto que apenas 2% das frutas frescas produzidas no Brasil são voltadas para a exportação, aumentando esse valor para 26% se considerarmos seus derivados.

O mercado da principal fruta de exportação do Brasil, a banana, foi dominado pelo Equador, o qual apresentou 42% da comercialização. O mercado da Manga, 4º principal fruta de exportação brasileira, obteve seu mercado dominado pelo México, com 21% do mercado mundial, enquanto que o Brasil exportou apenas 4% (SEBRAE, 2016).

Segundo Vidal e Ximenes (2016), a área total cultivada com fruticultura na região Nordeste foi de aproximadamente 2 milhões de hectares no ano de 2014, sendo que 6% dessa área era destinada ao cultivo de manga.

O estado da Bahia foi quem mais representou a fruticultura do Nordeste, com 46% da produção, através dos cultivos do cacau, banana, coco, laranja, manga, maracujá e melancia, sendo destaque como maior produtor de manga do Nordeste, com 21.370 hectares de área colhida obtendo 353.689 toneladas de manga em 2017, ficando na segunda colocação Pernambuco com 230.381 toneladas colhidas. O segundo maior estado fruticultor do Nordeste foi o Ceará, com a exploração de cultivo de sequeiro, sendo a cajucultura a impulsionadora desse ranking, com 380 mil hectares de produção (IBGE, 2018).

3.2 A Manga

A mangueira (*Mangífera indica* L.) é uma dicotiledônea pertencente à família Anacardiaceae, gênero *Mangífera*, nativa do sul da Ásia. Teve sua introdução no Brasil no período da colonização, trazida pelos portugueses, que transportaram da África as primeiras mudas dessa espécie e implantaram na cidade do Rio de Janeiro, de onde difundiu-se por todo o país (SIMÃO, 1998). Pelo o Brasil ser uma região de clima tropical, a planta se adaptou bem em áreas onde as estações de seca e chuva são bem definidas.

A comercialização da manga tanto pode ser feita na sua forma verde quanto madura, podendo ser consumida in natura ou processada de acordo com Jha, Kingsly e Chopra (2006), onde apresenta-se uma grande variedade de produtos, dentre os quais podemos citar a partir da manga verde, os pickles, *chutney*, diversos concentrados, flocos de cereal, chips, barra de fruta e uma outra gama de produtos a partir da fruta madura, como purê, concentrado, suco, néctar, creme, compota, sorvete, geleia, manga em fatia congelada ou desidratada, polpa, dentre outros (SCHIEBER; ULLRICH; CARLE, 2000).

No país, a expansão da cultura da manga ocorreu, principalmente, no estado de São Paulo e em pólos de agricultura irrigada no Nordeste. Nesta região ocorreu a incorporação de grandes plantios estruturados, principalmente, na região circundante do rio São Francisco, que abrange diversos estados nordestinos.

A manga se distingue, comercialmente, em duas categorias de acordo com sua coloração e formato. As mangas vermelhas com as variedades Tommy Atkins, Keitt, Kent e Palmer são as responsáveis pela maior parte do comércio internacional da fruta in natura. Já as mangas oblongas (com formato oval), das variedades Afonso e Totapuri são encontradas, principalmente, na Ásia, onde são processadas para o consumo internacional (VETUCCI; CALDERAN; BERALDO, 2016).

As frutas tropicais em geral são consideradas grandes fontes de nutrientes, contendo compostos bioativos importantes para a saúde humana (HARBONE; WILLIAMS, 2002). Contudo, o manejo pós-colheita e suas características centesimais fazem com que essas frutas sofram com ataques microbianos ou degradação oxidativa através de reações enzimáticas, muitas vezes ativadas apenas pela temperatura de estocagem. A manga, por ser um fruto rico em açúcares, é mais

susceptível a degradação. Para evitar esses processos degradativos são necessárias tecnologias de processamento para estender a vida útil e reduzir as perdas pós-colheita, além de garantir a manutenção das características nutricionais e sensoriais dos frutos, mantendo seus benefícios à saúde humana (KARWOWSKI *et al.*, 2013).

3.3 Polpa de fruta

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), define como “... *polpa de fruta o fruto não fermentado, não concentrado, não diluído, extraída de frutos polposos, por meio de procedimentos tecnológicos apropriados, com um teor mínimo de sólidos totais, estabelecido de acordo com a polpa de fruta em específico, derivado da parte comestível do fruto.*” (BRASIL, 2018).

A polpa deve ser adquirida de frutos limpos, saudáveis, livres de material ferroso, parasitas e de restos de origem animal ou vegetal. É importante também que não exista partes não consumíveis dos frutos e plantas, como por exemplo, caroços, cascas e sementes, além de substâncias incomuns da sua composição (COSTA; CARDOSO; SILVA, 2013).

Com o crescente consumo de insumos de frutos, a comercialização de polpas congeladas vem aumentando no mercado anualmente, em virtude da praticidade aliada a produtos mais naturais, que mantenham suas características nutritivas e sensoriais. Esse aumento no consumo está justificado pelos frutos serem perecíveis e sazonais, tornando a polpa uma boa opção para comercialização durante todo o ano.

Outro fator preponderante nesse incremento de consumo é o fato das polpas serem ofertadas no mercado com valores não muito altos, o que possibilita a sua inserção mensal na lista de compra do consumidor. Já as indústrias de polpas possuem uma grande vantagem que é a possibilidade de utilizar frutos que não são esteticamente agradáveis mais estão dentro dos padrões higiênico-sanitários, já que serão maceradas, absorvendo boa parte de perdas pós-colheita e não colocando em risco a saúde de quem irá consumir seus produtos (MUNIZ; REIS; VIEIRA, 2017).

As características das polpas variam de acordo com as variedades, as condições climáticas dos locais de cultivo e os tratamentos culturais. Vazquez-Salinas e

Laksminorayana (1985) investigaram a composição química de polpa de manga das variedades Keitt e Kent, constatando que as principais vitaminas presentes são vitamina C, (β -caroteno) e pequenas quantidades de vitamina B (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição química de polpa de manga madura, armazenada a 28°C, cultivares Keitt e Kent.

| Constituinte | Variedade | |
|-------------------------------------|-----------|--------|
| | Keitt | Kent |
| Sólidos Solúveis Totais (°Brix) | 19,90 | 21,70 |
| Acidez titulável (% de Ác. Cítrico) | 0,04 | 0,12 |
| pH | 6,20 | 5,20 |
| Vitamina C (mg/100g) | 76,50 | 100,00 |
| Açúcares totais (%) | 17,70 | 15,40 |
| Carotenóides totais (μ g/100g) | 5,20 | 5,40 |
| β -caroteno (μ g/100g) | 2,70 | 3,10 |

Fonte: Vazquez-Salinas e Laksminroyana (1985); Carvalho *et al.* (2004).

As características químicas, aliadas a suculência de sua polpa, favorecem o destaque dessa fruta. O alto teor vitamínico, principalmente, de vitamina C caracteriza o poder antioxidante da polpa (STAFFORD, 1983). Aliada a essas vitaminas, a presença de β -caroteno, pode alcançar concentrações de até 800 μ g/100 g na variedade Mulgoa e 13 mg/100 g na variedade Afonso, mostrando uma alta concentração de carotenoides totais e a expressiva presença de polifenóis, sendo caracterizadas como fonte potencial de antioxidante, atribuindo importância nutracéutica relacionada a prevenção de diversas doenças e distúrbios relacionados a presença de substâncias reativas de oxigênio (ROS) (HYMAVATHI; KHADER, 2005). A maioria desses compostos, principalmente, os carotenoides favorecem a cor amarela característica do fruto maduro.

Dentre os ácidos orgânicos presentes na manga, os ácidos cítrico e málico são os predominantes, sendo os principais responsáveis pela acidez, o ácido cítrico é encontrado em maior quantidade, e varia conforme seu estágio de maturação (MEDINA *et al.*, 1981). Em frutas verdes, a acidez total varia entre 0.67 e 3.66%, enquanto nas frutas maduras esses valores variam entre 0.17 e 0.56%. A acidez

também pode ser proveniente da transformação de açúcares em ácidos. Medina e colaboradores (1981) mostraram que a variação de açúcares totais é de 10 a 24%, dependendo do cultivar, assim como pelo grau de maturação do fruto, sendo que essa concentração de açúcar é representada principalmente por sacarose, seguindo-se por frutose e glicose.

3.4 Secagem de alimentos

De acordo com Celestino (2010) podemos definir secagem como “*operação por meio da qual a água ou outro líquido é removido do material*”. A secagem de alimentos é realizada por meio de processos *spray-drying*, liofilização, *drum-drying*, entre outros. Estes processos são amplamente utilizados para melhorar a estabilidade dos alimentos através da redução da água a níveis suficientes para reduzir sua atividade microbológica e minimizar algumas alterações físicas e químicas durante o armazenamento, permitindo ainda que a indústria reduza custos com armazenagem, estocagem e distribuição (GURGEL, 2014).

Dentre as vantagens da desidratação podemos citar: Aumento do tempo de comercialização do produto, redução de peso e volume resultando em um menor custo de transporte e armazenamento, facilidade no uso e na forma de comercialização. Porém, é importante ressaltar que um produto de qualidade depende, além da matéria-prima, das condições do processo.

O teor de umidade e a atividade de água são parâmetros importantes na conservação de alimentos. A umidade representa o conteúdo total de água presente no alimento e interage com a umidade do ambiente, enquanto a atividade de água representa o teor de água disponível para interações microbológicas, influenciando na deterioração do alimento, também é um importante fator na ocorrência de reações físico-químicas, podendo tornar o alimento inviável para a comercialização e consumo (CARLOS *et al.*, 2015).

3.5 Secagem em spray-dryer

A secagem em *spray-dryer*, teve seus primeiros relatos na metade do século 18, quando foi patenteada a primeira operação com secagem de ovos em 1865.

Porém, o início de sua utilização como processo à nível industrial data do século XX, produzindo inicialmente, leite e sabão em pó. A partir de então, seu uso se disseminou pela indústria em geral, sendo hoje aplicado, principalmente, para a secagem em larga escala de produtos nos setores alimentícios e farmacêuticos. Além disso, dada sua versatilidade e o pequeno tempo de residência dos produtos na câmara de secagem, tornou-se o principal equipamento para a secagem de materiais que apresentam sensibilidade ao calor, como alimentos e materiais de origem biológica e farmacêutica (FILKOVÁ; MUJAMDAR, 1995).

Este processo de secagem se caracteriza pela transformação de um produto líquido em pó por meio de um tempo de secagem relativamente curto. Esse líquido é aspergido, utilizando um sistema de alta pressão, pelo qual gotículas do produto entram em contato com o fluxo de ar quente. Dessa forma, ocorre rápida evaporação, evitando que o produto se submeta a altas temperaturas por períodos longos de tempo, minimizando as mudanças nas características do pó (FERRARI; RIBEIRO; AGUIRRE, 2012).

O processo de *spray-drying* é dividido em quatro etapas: aspersão do produto; contato do produto aspergido com ar de secagem; desidratação da solução na câmara de secagem e separação do pó nos ciclones. A secagem por aspersão envolve as interações complexas de processos, aparelhos e parâmetros de alimentação que influenciam a qualidade do produto final. As propriedades físico-químicas do produto dependem, principalmente, da temperatura de entrada, da pressão, da taxa de fluxo de alimentação, do tamanho do bico aspersor, dos tipos de agentes carreadores e da sua concentração. Esse processo ainda proporciona controle relativo do tamanho de partícula (PHISUT, 2012).

Para obtenção de pó de boa qualidade é preciso o controle de algumas variáveis. Geralmente, a matéria-prima é concentrada antes da introdução no secador, como no caso de polpas de frutas. Contudo, a polpa concentrada tem uma grande parcela composta de conteúdo sólido, reduzindo assim a quantidade de líquidos que deve ser evaporado no secador, mas essa concentração elevada pode obstruir o bico aspersor, fazendo-se necessário a diluição (MURUGESAN; ORSAT, 2011).

Durante o processo de secagem por *spray-drying*, a separação de partículas secas é feita através de ciclone, colocado fora do secador, o que reduz a perda de

produto na atmosfera interna do equipamento. As partículas densas são recuperadas na base da câmara de secagem enquanto as mais finas passam pelo ciclone para se separarem do ar úmido (PHISUT, 2012).

Pode-se observar na figura 1, a imagem do secador *spray-dryer*, onde uma solução líquida entra no equipamento, sendo bombeada para o aspersor, que tem um bico de tamanho específico asperge a solução para dentro de da câmara de secagem, onde passa por um ar aquecido o que faz com que haja a secagem, este material já seco segue para um ou mais ciclones que separam o produto por tamanho de partículas, obtendo assim o produto em pó.

Figura 1 – Esquema do equipamento spray dryer presente no LACONSA/DEAL/ UFC.



Fonte: Elaborado pela autora. LACONSA – Laboratório de Controle de qualidade e Secagem de Alimentos. DEAL – Departamento de Engenharia de Alimentos. UFC – Universidade Federal do Ceará.

3.6 Características dos pós de frutos

Ao mesmo tempo que a secagem preza manter características sensoriais e nutricionais dos frutos, sabemos que após a secagem muitas características, principalmente físicas destes frutos são modificadas. A secagem concentra nutrientes, vitaminas, ácidos e açúcares ao mesmo tempo que diminui a concentração de componentes voláteis, como por exemplo, componentes que dão cheiro e cor ao fruto.

Segundo Tonon (2009), a secagem de produtos como sucos e pastas de frutos, apresenta potencial econômico crescente durante os anos. Os pós em geral apresentam características desejáveis, pois nos últimos anos os consumidores estão

aliando praticidade e conforto com todos as vertentes de suas vidas. O alimento em pó é fácil de transportar e armazenar apresenta rápida reconstituição e longa vida útil, traz ao público a oportunidade de implementação desta praticidade em seu cotidiano (VASCONCELOS, 2010).

3.7 Agentes carreadores de secagem

Uma característica não muito apreciável dos pós é a aglomeração, que está intimamente ligada a higroscopicidade, que é a capacidade de absorção de água pelo alimento. Como a natureza tende a manter o equilíbrio, os pós são propensos a uma maior absorção de água do ambiente, sendo um problema para as indústrias.

Em geral, polpas de frutas apresentam alta concentração de açúcares de baixo peso molecular, o que resulta em pós com baixa temperatura de transição vítrea e, conseqüentemente, alta higroscopicidade, acarretando problemas durante a secagem, como aderência do pó em diversas áreas do equipamento, aglomeração e dificuldades de manuseio. Uma forma de evitar esses problemas é através da adição de adjuvantes de secagem, também conhecidos como materiais encapsulantes, os quais funcionam como retardantes da transição vítrea, ajudando na redução da higroscopicidade e, deste modo, evitando a aglomeração das partículas e contribuindo para a retenção de compostos voláteis da polpa (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010).

A eficiência do agente carreador para o processo de encapsulação é muito importante, pois ele é um dos fatores que auxiliam na estabilidade do produto final. Dentre as características desejáveis dos agentes carreadores estão a boa solubilidade no solvente utilizado no processo, cristalinidade, difusividade, propriedades emulsificantes, capacidade de preservar o núcleo durante o período de estocagem, liberação do produto encapsulado sob condições favoráveis, disponibilidade no mercado e baixo custo (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2015).

Vários componentes simples e complexos podem ser utilizados como agentes carreadores, como podemos citar as proteínas (glúten, gelatinas, caseínas e outras), gomas (goma arábica, carragena e outros), carboidratos (amidos, sacarose, celulose, maltodextrina e outros) e o leite desnatado (MESTRY; MUJUMDAR;

THORAT, 2011). Afim de melhorar ainda mais as propriedades de manipulação, podemos utilizar os agentes *anticaking* (apenas aqueles liberados para uso em alimentos), como alguns fosfatos, sais de cálcio e silicatos. Esses agentes retardam absorção da umidade dos produtos pelo aumento da temperatura de transição vítrea (JAYA; DAS, 2009).

A maltodextrina é produto da hidrólise do amido e é o agente carreador mais comum na secagem de sucos de frutas, em razão de ser inodoro, de baixo custo e possuir baixa viscosidade em altas concentrações (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Sua composição básica é composta por polissacarídeos com dextrose equivalente menor a 20. Ou seja, caso essa equivalência com dextrose for igual ou maior que 20, ela passa a ser considerada um sólido de xarope de milho. Sua fórmula química geral é $(C_6H_{12}O_5).H_2O$ (SILVA *et al.*, 2012).

A maltodextrina é comumente utilizado como carreador na secagem por aspersão em função da sua baixa higroscopicidade, alta solubilidade em água fria e pelo seu baixo custo de aquisição (BHANDARI; DATTA; HOWES, 1997).

3.8 Isotermas de sorção

Quando um produto é submetido a secagem, tanto sua atividade de água quanto sua umidade se modificam ao longo do processo. As isotermas de sorção são curvas que indicam, no equilíbrio, a uma determinada temperatura a quantidade de água retida de um alimento em função da umidade relativa da atmosfera que o rodeia. As isotermas de sorção são de grande importância para o fornecimento de informações sobre as condições de secagem, vida de prateleira do alimento, higroscopicidade e estabilidade dos alimentos (CAVALCANTE *et al.*, 2018).

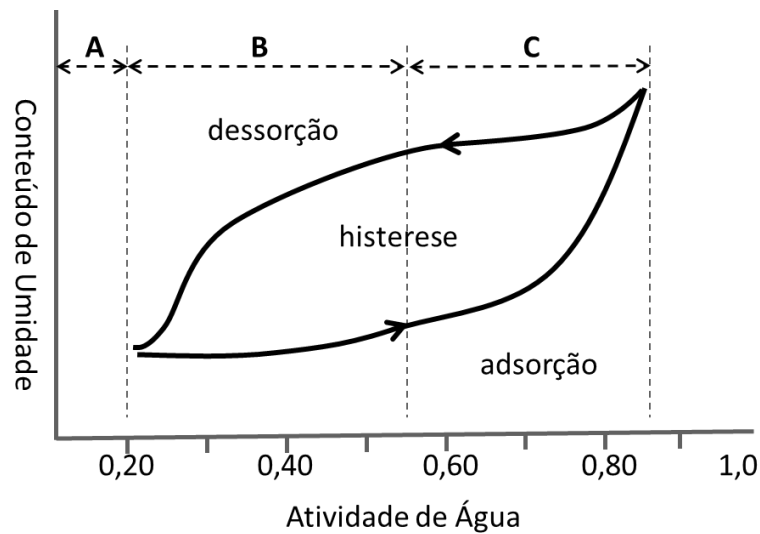
O termo sorção refere-se à ação de adsorção, onde substâncias são retiradas da superfície de um material através de interação química ou física, e dessorção, retirada de substâncias do interior do material (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Para determinação de tal análise é necessário um ambiente com umidade relativa conhecida e controlada. Para isso o processo mais utilizado é com compostos químicos, soluções aquosas de sais, com concentrações conhecidas onde, cada solução apresenta um grau de ajuste de umidade relativa, sendo obtido a partir de concentrações dos sais (solutos) e da água (solvente).

Na produção de polpas de frutas em pó as isotermas de sorção são muito utilizadas com a finalidade de estabelecer se o produto está adsorvendo ou dessorvendo água, sob condições específicas de temperatura, pois a relação entre a vida útil dessas polpas e sua higroscopicidade estão intimamente ligadas (VIEIRA; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2007).

De acordo com Ditchfield (2000), o gráfico se divide em três zonas, em relação à quantidade de água presente no material, regiões A, B e C (Figura 2). A região A é onde há a adsorção da camada monomolecular da água, a região B é onde há a adsorção de camadas adicionais a monocamada de água e a região C corresponde a condensação de água nos poros do material.

Figura 2 - Isoterma genérica de adsorção e dessorção.



Fonte: Ditchfield (2000).

3.9 Modelos matemáticos de isothermas de sorção

No intuito de promover maior entendimento das isothermas, muitos autores propuseram vários modelos de ajustes para isothermas de sorção. Estes modelos permitem que os estudiosos construam suas isothermas com maior propriedade e utilizando poucos pontos experimentais, podendo assim ter a interpolação e a extrapolação de pontos nas regiões de altas e baixas de atividades de água (CORRÊA *et al.*, 2007).

Existem mais de 200 equações propostas para a representação do fenômeno de equilíbrio higroscópico, diferindo tanto em sua base teórica quanto na quantidade de parâmetros envolvidos (MULET *et al.*, 2002).

As equações mais utilizadas para alimentos em pó são:

Modelo BET (Brunauer, Emmett e Teller), que leva em consideração a natureza química da umidade do produto para camadas polimoleculares (BRUNAUER; EMMETT; TELLER, 1938).

$$U_e = \left(\frac{(Xm.c.UR).(1 - (n + 1).UR^n + n.UR^{n+1})}{(1 - UR).(1 + (c - 1).UR = c.UR^{n+1})} \right) \quad (1)$$

Onde:

U_e – Conteúdo de umidade de equilíbrio, kg.kg⁻¹;

UR – Umidade relativa,%;

X_m – Conteúdo de umidade na monocamada molecular, kg.kg⁻¹;

c – Parâmetro que depende do material analisado;

n – Parâmetro que depende do material analisado.

Modelo GAB (Guggenheim, Anderson e de Bôer), que entendendo a teoria de adsorção de BET criou uma equação para melhor ajuste de dados de alimentos com atividade de água de até 0,9 (CHEN; JAYAS, 1998).

$$U_e = \left(\frac{X_m \cdot c \cdot k \cdot UR}{(1 - k \cdot UR) \cdot (1 - k \cdot UR + c \cdot k \cdot UR)} \right) \quad (2)$$

Onde:

U_e – Conteúdo de umidade de equilíbrio, kg.kg⁻¹;

UR – Umidade relativa,%;

X_m – Conteúdo de umidade na monocamada molecular, kg.kg⁻¹;

c – Parâmetro que depende do material analisado.

k – Constante de adsorção.

Modelo de Oswin baseando-se na expansão matemática para curvas de forma sigmoideal (SILVA; PARK; MAGALHÃES, 2007).

$$U_e = a \cdot \left(\frac{UR}{1 - UR} \right)^b \quad (3)$$

Onde:

U_e – Conteúdo de umidade de equilíbrio, kg.kg⁻¹;

UR – Umidade relativa,%;

a – Parâmetro que depende do material analisado;

b – Parâmetro que depende do material analisado.

O modelo de Henderson também é largamente utilizado em alimentos, que leva em consideração a temperatura é um dos modelos mais empregados e descreve bem o comportamento de alimentos com uma ampla faixa de atividade de água (0,10 a 0,75), como grãos, cereais e frutas (HENDERSON, 1952).

$$U_e = \left[\frac{\ln(1 - UR)}{(-\alpha \cdot T_{abs})} \right]^{\left(\frac{1}{b}\right)} \quad (4)$$

Onde:

U_e – Umidade de equilíbrio, kg.kg⁻¹;

UR – Umidade relativa, %;

α – Parâmetro que depende do material analisado;

b – Parâmetro que depende do material analisado.

T_{abs} – Temperatura em °C.

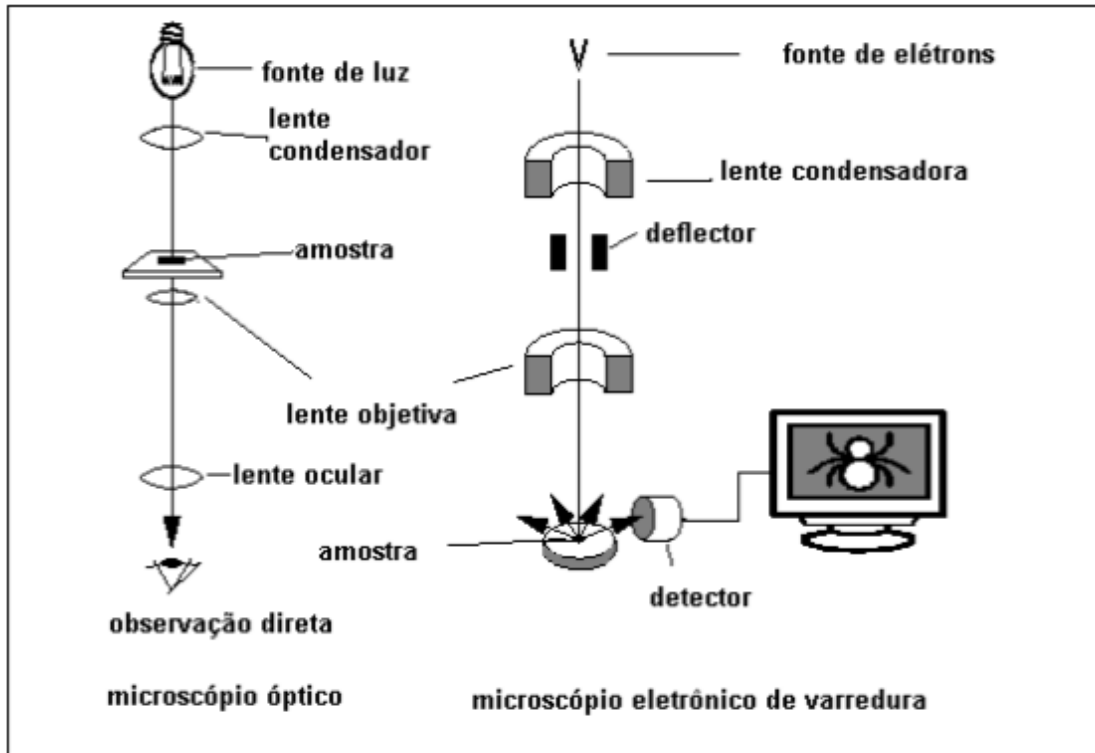
A partir da análise com soluções salinas saturadas, temos informações para usar as metodologias e equações e posteriormente criar as curvas de isotermas.

3.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A principal função de um microscópio é tornar visível ao olho humano, o que tem um tamanho ínfimo. O objeto mais antigo usado para tal fim é a lupa, seguido pelo microscópio óptico, que através de um processo de difração, devido a um comprimento de onda da radiação, que é incidido no material provocando o aumento da visualização (CRUZ *et al.*, 2006).

O microscópio eletrônico de varredura surgiu em 1932, feito por Max Knoll e Ernest Renka Rusca, na Alemanha (Figura 3), e teve como princípio a utilização de feixes de elétrons de um diâmetro pequeno, explorando a amostra em cada ponto por linhas sucessivas, transmitindo esse sinal a um detector cuja a varredura está sincronizada com o feixe, gerando a imagem, tornando assim esse microscópio de alta resolução podendo ter um aumento de mais 300.000 vezes (BOZZOLA, 1992).

Figura 3 - Comparação de diagramas do microscópio óptico e do microscópio eletrônico de varredura.



Fonte: Cruz *et al.*, 2006.

Para se ter uma boa resolução das imagens geradas pelo MEV, alguns parâmetros são necessários, como a tensão de aceleração dos elétrons, corrente da sonda (quanto maior a corrente, maior o diâmetro do feixe) e a distância entre a amostra e a lente objetiva (CARTER, 1996).

A maioria desses microscópios usam como fonte de elétrons filamentos de tungstênio aquecido, operando numa faixa de tensões de aceleração de 1 a 50 kV, o feixe tem uma interação com a amostra, elétrons e fótons que são coletados dos detectores são convertidos em imagens. Essas imagens formadas podem ter diferentes características já que a imagem é resultado da ampliação de um sinal obtido pela interação do feixe com o material analisado (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

3.11 Propriedades reológicas

Outra forma de conhecermos melhor a propriedade dos alimentos é através da reologia, descrita como a ciência da deformação e do escoamento, é o estudo de

como os materiais reagem quando neles é aplicada alguma força. O primeiro a utilizar a palavra reologia foi o Eugene Bingham, em 1920, quando tratava sobre escoabilidade, tendo o termo sido aceito e mais amplamente utilizado após o ano de 1929, quando foi fundada a sociedade americana de reologia (STEFFE, 1996).

As propriedades reológicas dos pós são importantes para o conhecimento das suas características intrínsecas, já que podem afetar diretamente suas características extrínsecas assim como seu comportamento mediante ao transporte, mistura, armazenamento, compressão e embalagens, visto que os pós transmitem tensões de cisalhamento quando são submetidos a condições estáticas (LOPES NETO; SILVA; NASCIMENTO, 2009).

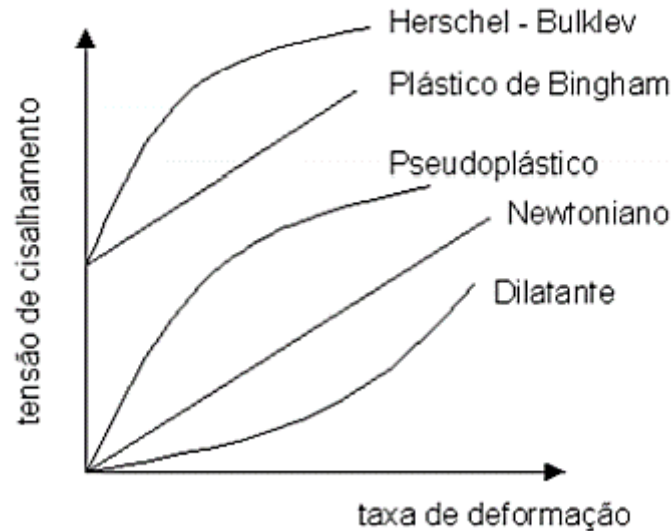
A reologia é bem abrangente no que se refere as propriedades associadas a deformação do material estudado, a viscosidade é uma das principais propriedades de um fluido, que é a resistência do fluxo a tensão de cisalhamento (VRIESMANN, 2008).

Os fluidos podem ser divididos em dois grupos de acordo com o seu comportamento, fluidos newtonianos e fluidos não newtonianos (Figura 4).

Os fluidos newtonianos possuem um comportamento linear, com a tensão diretamente proporcional a taxa de deformação, dependendo apenas da temperatura e da composição do fluido, já os fluidos não newtonianos têm a viscosidade variando com a taxa de cisalhamento (HAMINIUK *et al.*, 2009).

O fluido pseudoplástico é um dos mais encontrados na natureza, nele a viscosidade depende da taxa de cisalhamento, sendo estes inversamente proporcionais. De acordo com Holdsworth (1971), isso acontece devido a modificação das estruturas das moléculas longas, diminuindo a resistência ao escoamento, assim apresentando uma menor viscosidade.

Figura 4 - Comportamento de fluidos newtonianos e não newtonianos, em função da tensão de cisalhamento e da taxa de deformação.



Fonte: Metzner; Reed, (1955).

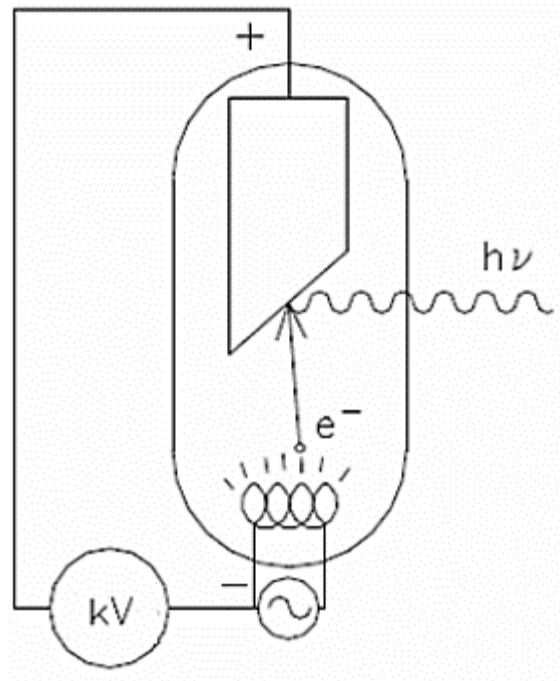
3.12 Difração de raio X

O raio X é um efeito de ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda que vão de 0,1 a 100 Å, sendo produzido através de um tubo a uma baixa pressão em 1913, chamado de tubo de raio X, como pode ser visto na Figura 5.

Este tubo consiste em um filamento que era o cátodo e um alvo metálico que era o ânodo, quando este filamento era aquecido com a passagem de uma corrente, elétrons são emitidos e acelerados pela diferença de potencial, ao atingir o alvo os elétrons são bruscamente desacelerados e sua energia cinética é convertida em radiação (EISBERG, 1979).

Os comprimentos de onda são muito pequenos, então é usada a técnica de difração para separá-los, onde a radiação incide no cristal e é refletida para cada um dos planos de átomos paralelos, quando as reflexões produzem interferências construtivas se formam os feixes difratados.

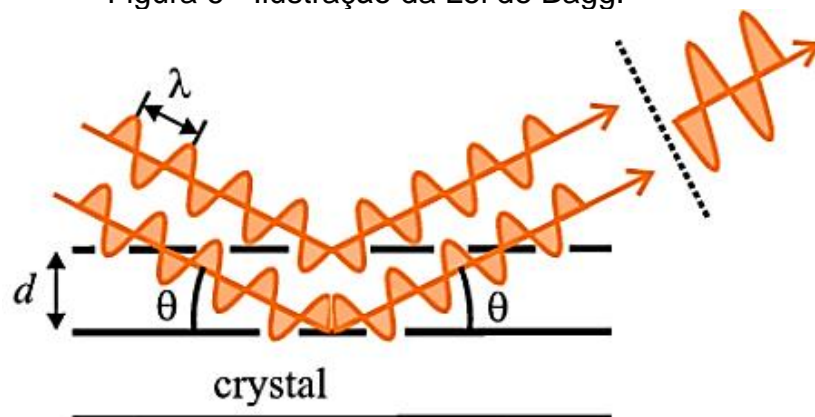
Figura 5 - Ilustração do tubo de raio X.



Fonte: Eisberg (1979).

Essa técnica é explicada pela Lei de Bragg, onde um feixe de raio X incide em um conjunto de planos cristalinos com distância conhecida, d , entre esses conjuntos, com um ângulo de incidência θ , e um comprimento de onda λ , tendo uma interferência construtiva de valor inteiro chamada n , onde, resumidamente a Lei de Bragg, ilustrada na Figura 6, consiste na fórmula $2d\sin\theta = n\lambda$ (KITTEL, 1978).

Figura 6 - Ilustração da Lei de Bragg.



Fonte: Kittel (1978).

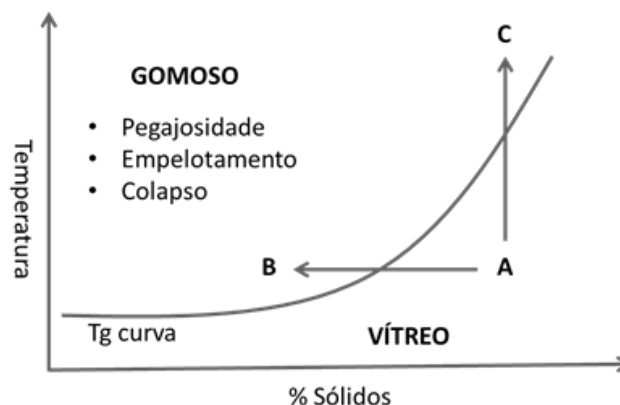
A difração de raio X é importante para o conhecimento estrutural da amostra, revelando a presença de estruturas cristalinas, o que está intimamente ligada a estabilidade e aglomeração da amostra (RUSSEL, 1994).

3.13 Temperatura de transição vítrea

A estabilidade é uma das características mais procuradas em alimentos, onde, muitos pesquisadores, ao longo do tempo, estudaram maneiras de estender a vida útil, obtendo assim um produto durável e sem muitas modificações na sua estrutura e nas suas características físicas, químicas, reológicas e organolépticas. Compostos puros são na maioria das vezes estáveis, porém alimentos são formados por uma combinação de diferentes compostos tornando difícil manter essa estabilidade, normalmente existindo em um estado de não-equilíbrio amorfo, que é a falta de organização das moléculas (LEITE; MURR; PARK, 2005).

Transições de fase são alterações que acontecem no material que influenciam nas suas propriedades físicas, a mudança mais comum em alimentos é a transição vítrea, conhecida por ser uma mudança de fase de segunda ordem de um estado sólido-vítreo para um estado semilíquido gomoso (Figura 7). Esse estado gomoso tem como característica viscosidade baixa, mudanças estruturais e alta adesão e aglomeração, podendo causar empedramento do material (ROOS, 2002).

Figura 7– Ilustração do gráfico de temperatura de transição vítrea para materiais amorfos e cristalinos em função da porcentagem de sólidos.



Fonte: Leite, Murr e Park (2005)

A temperatura a uma dada umidade, que faz com que aconteça essa transição é a temperatura de transição vítrea (T_g), o conhecimento desta

temperatura é de fundamental importância na indústria alimentícia vendo que para alimentos crocantes, desidratados e cereais o melhor é que ele fique no seu estado amorfo, já para alimentos macios, como recheios de biscoitos e bolos e banana passa o melhor é que estejam em seu estado gomoso.

Para aumentar a temperatura de transição vítrea dos alimentos desidratados, na maioria das vezes, é adicionado coadjuvantes de secagem, pois tendo cadeias moleculares maiores vão precisar de mais energia para modificar seu estado aumentando assim essa temperatura.

3.14 Potencial zeta

O potencial zeta é a diferença de potencial elétrico em milivolts entre a monocamada (Stern) e a camada difusa, entre a superfície do coloide e sua suspensão líquida. Este potencial não pode ser medido diretamente, então a forma de medição dele é através de rastreamento do movimento das partículas, em um campo elétrico, em determinado tempo quando a amostra diluída em água destilada é colocada entre dois eletrodos (STAUDINGER; HANGL, 1990).

A migração das partículas para um dos eletrodos ocorre, pois, estão carregadas positiva ou negativamente, fazendo com que a partícula se mova para a direção contrária ao eletrodo que tem a sua mesma carga.

Na determinação do potencial zeta, se o valor obtido abaixo de zero indica que as cargas são em maioria de uma carga específica, fazendo as partículas se repelirem gerando maior estabilidade de dispersão. Com potencial igual ou acima de zero, as partículas se aglomeram, causando instabilidade na dispersão, o que leva a menor vida útil do produto.

O aparelho usado para essa análise se chama “Zeta-Meter”, calculando o valor do potencial zeta, baseado na velocidade e tempo em que as partículas percorrem uma determinada distância fixa (JOHNSON *et al.*, 2000).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de execução do projeto

O processo de secagem em spray dryer e as análises para acompanhamento e avaliação das secagens foram executados no Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de Alimentos (LACONSA) do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEAL) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

4.2 Matéria-prima

As mangas maduras das variedades Kent e Keitt, oriundas de Petrolina (PE), foram processadas na EMBRAPA Agroindústria Tropical (localizada em Fortaleza/CE), por meio de despulpadeira da marca BONINA, modelo 0.25 df 48 com peneira de 1,0 mm. As polpas, foram fracionadas em porções de 1,0 kg e mantidas em refrigeração a -18°C. Para a realização da secagem, as polpas foram descongeladas em geladeira por 18 h.

4.3 Secagem das polpas de manga

A secagem das amostras foi realizada pelo método de aspersão (em spray dryer), utilizando um secador por aspersão (LM MSD 1.0, Labmaq do Brasil), com câmara de secagem de aço inox, dotado de bico pneumático com abertura de 1,2 mm. A solução a ser aspergida no equipamento foi composta por água (30%), maltodextrina (10, 20 e 30%) e polpa in natura de manga (60, 50 e 40%) das variedades Kent e Keitt. As condições de secagem mantidas fixas de acordo com Lara (2017) foram: temperatura de entrada de ar de secagem (130°C), vazão do ar comprimido (3,0 L/min), vazão de alimentação (0,5 L/h) e vazão do ar de secagem (3,0 m³/min), seguindo parâmetros já fixados. Foram avaliadas as seguintes concentrações do agente adjuvante de secagem (maltodextrina): 0 (controle), 10, 20 e 30% (m/m).

4.4 Planejamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, variando a concentração de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%) para o processo de aspersão. Foram realizadas três repetições por tratamento, totalizando 12 observações. As variáveis respostas foram realizadas análises de rendimentos, atividade de água, cor, umidade, higroscopicidade e quantificação de ácido ascórbico. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar diferenças entre as amostras e Teste de Tukey à 95% de confiança para determinação de diferenças entre as médias.

4.5 Rendimento

O rendimento foi determinado por meio da razão entre a massa dos sólidos presentes no pó coletado ao final da secagem e a massa de sólidos presentes na solução (água + maltodextrina + polpa de manga) destinada a secagem. Para o cálculo do rendimento foi utilizada a seguinte equação.

$$R = \frac{(1 - U_{pó}) \cdot M_{pó}}{(1 - U_a) \cdot M_a} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

R - Rendimento do processo (%);

$U_{pó}$ - Umidade do pó (g/g);

U_a - Umidade da amostra (g/g);

$M_{pó}$ - Massa do pó (g);

M_a - Massa da amostra (g).

4.6 Análise de estabilidade dos pós

Após a secagem, o pó escolhido (solução antes da secagem com 30% de maltodextrina), foi distribuído em duas embalagens, sendo transparente, de polietileno, e outra, laminada. A embalagem plástica transparente modelo BR 2205 era composta por uma combinação de material de polietileno (PE) e poliamida (PA) de gramatura 100 g/m² e a embalagem laminada ESA 038 apresentava cor ouro sanfonada, estruturada com materiais Pet + Alumínio + Polietileno e de gramatura 122 g/m². O acondicionamento foi realizado pesando-se 30 g de pó para cada embalagem. Foram preparadas 6 embalagens transparentes e 6 laminadas para cada variedade de manga, posteriormente, seladas sem vácuo e armazenadas à temperatura ambiente.

O estudo da estabilidade foi realizado durante 90 dias, com intervalos de 15 dias entre as análises, no qual uma embalagem transparente e outra laminada foram abertas e os pós submetidos às análises descritas no item 4.7.

4.7 Determinações físico-químicas

A caracterização da polpa de manga e polpa de manga em pó com 10, 20 e 30% de maltodextrina, foram feitas por meio de análises de umidade, atividade de água, sólidos solúveis, acidez total titulável, quantificação de ácido ascórbico, cor, determinação de carotenoides, determinação de pH e determinação de açúcares totais e redutores. Para a caracterização da polpa em pó de manga, foram realizadas além das análises citadas acima, análises de solubilidade, reidratação, higroscopicidade, caking, microscopia eletrônica de varredura (MEV), análises reológicas do pó utilizando equipamento PFT, difração de raio x, potencial zeta e temperatura de transição vítrea.

4.7.1 Umidade

A análise de determinação do teor de umidade foi realizada através de balança de determinação de umidade com infravermelho (série ID-V 1.8, modelo

ID50) na temperatura de 105°C com significância de 5%, utilizando 1 g de amostra, em triplicata.

4.7.2 Determinação da atividade de água

Foi determinada a atividade de água, em triplicata, utilizando um medidor Aqualab (4TEV, Decagon Devices), calibrado com água destilada à temperatura ambiente de 25°C.

4.7.3 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada, em triplicata, de acordo com a metodologia proposta por Goula e Adamopoulos (2010), onde foi observada a capacidade de absorção de água em amostras de 1 g peneirada, colocada em placa de Petri, em triplicata, em dessecador com temperatura ambiente e umidade relativa de 75%, durante 90 minutos. O cálculo para obtenção do valor da higroscopicidade está descrito a seguir:

$$H = \frac{x}{U \cdot a} \cdot 100 \quad (6)$$

Onde:

H - Higroscopicidade (%);

U - Umidade do pó em base seca (g);

x - Massa de água absorvida (g);

a - Massa da amostra (g).

4.7.4 Cor

Para a determinação das coordenadas L^* , a^* , b^* , C^* e H foi utilizado o colorímetro (CR-410, Konica Minolta spectrophotometer), sendo os resultados, em triplicata, expressos no sistema CIELAB de cor, onde L^* indica a luminosidade, a^* e b^* são as coordenadas de cromaticidade ($+a^*$ = vermelho; $-a^*$ = verde; $+b^*$ = amarelo; $-b^*$ = azul), C^* indica saturação e H indica tonalidade de acordo com a metodologia Quinton e Kennedy (1995).

4.7.5 Determinação do pH

A medição do potencial hidrogeniônico (pH) das amostras foi realizada utilizando um potenciômetro (Q400 AS, Quimis), sendo a amostra preparada numa proporção de 1:10 (polpa em pó: água destilada), conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.7.6 Determinação da acidez total titulável

A determinação de acidez total titulável foi feita, em triplicata, através do método acidimétrico, utilizando-se uma solução tampão padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N e indicador fenolftaleína 1%, com o ponto de viragem róseo claro, seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.7.7 Determinação de sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis foi determinado, em triplicata, por refratometria expressa em grau °Brix, em equipamento refratômetro digital portátil (Instrutemp, Modelo itrefd 45), com a amostra em uma proporção de 1:10 (polpa em pó: água destilada), sendo feitas correções no valor obtido, levando em consideração a diluição da amostra.

4.7.8 Determinação de açúcares totais e redutores

A determinação de açúcares totais e redutores foi realizada, em triplicata, seguindo o método de DNS (ácido dinitrosalicílico), descrito por Miller (1959). Este método baseia-se no princípio da redução, em meio alcalino, do 3,5-dinitrosalicílico (coloração amarela). A leitura foi realizada em espectrofotômetro em comprimento de onda de 540 nm, sendo os resultados expressos em porcentagem.

4.7.9 Grau de caking

O grau de caking foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Jaya e Das (2004), através de peneiramento da amostra com agitação durante 5 minutos, seguindo-se de pesagem do material retido. Análise feita em triplicata, utilizando a equação a seguir para obtenção dos resultados.

$$CD = \frac{100 \cdot a}{b} \quad (7)$$

Onde:

CD - Grau de aglomeração ou grau de caking (%);

a - Quantidade do pó usado na peneiração (g);

b - Quantidade de pó que permaneceu na peneira após o peneiramento (g).

4.6.10 Determinação da solubilidade

Para determinação da solubilidade do pó, amostras de 1 g foram diluídas em 100 mL de água destilada, em triplicata, em béquer (250 mL) sob agitação a 2000 rpm por cinco minutos. As soluções foram transferidas para tubos específicos (50 ml) e centrifugadas a 3000 rpm por cinco minutos. Alíquotas de 25 mL do sobrenadante foram transferidas para placas de Petri de vidro, previamente pesadas, e posteriormente, submetidas à secagem em estufa de circulação de ar a 105°C por 5

horas (CANO-CHAUCA, 2005). O percentual de solubilidade foi calculado a partir da equação a seguir.

$$S = \frac{P_{SF} \times 4}{P_{BS}} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

S - Solubilidade (%);

P_{SF} - Peso sólido final seco (g);

P_{BS} - Peso da amostra em base seca (g).

4.7.11 Determinação da reidratação

A análise de reidratação seguiu a metodologia descrita por Goula e Adamopoulos (2010), que consistiu em avaliar o tempo necessário para a reidratação completa de uma amostra de 2 g de polpa em pó em 50 ml de água destilada, em triplicata.

4.7.12 Determinação de carotenoides

Os carotenoides totais foram determinados de acordo com a metodologia de Higby (1962). Em uma amostra de 5 g foram adicionados 30 ml de álcool isopropílico e 10 mL de hexano, em triplicata. Essa mistura foi agitada e transferida para um funil de separação de 125 mL, devidamente protegido da luz e completado o seu volume com água destilada. Mantendo em repouso por 30 minutos, seguindo-se pelo descarte da fase aquosa e fazendo esta lavagem com água destilada 3 vezes, posteriormente houve a filtração da fase orgânica (de cor amarelo) com sulfato de sódio que estava pulverizado em um chumaço de algodão. Em seguida, foi realizada uma filtração com hexano em balão de âmbar de 50 mL, seguindo-se com adição de 5 mL de acetona. Foi realizada a leitura da absorbância do filtrado em espectrofotômetro a 450 nm. Utilizou-se o cálculo a seguir para se obter a quantidade de carotenoides em mg/100g de amostra.

$$\text{Carotenoides totais (mg)} = \frac{A_{450} \cdot 50}{125 \cdot \left(\frac{p}{v}\right)} \quad (9)$$

Onde:

A_{450} - Absorbância;

p - Peso da amostra (g);

v - Volume do balão (mL).

4.7.13 Determinação de ácido ascórbico

Para a determinação do teor de ácido ascórbico foi realizada a titulação da amostra com o indicador 2,6-diclorofenolindofenol (DFI), conforme descrito pela AOAC (1997). Utilizando 2 g de amostra para diluição em balão de 100 mL com ácido oxálico, uma alíquota de 5 mL da mistura foi retirada do balão e colocada em Erlenmeyer onde foi adicionado 45 mL de água destilada, em triplicata, sendo titulado, com o indicador 2,6-diclorofenol indofenol (DFI) até o aparecimento de coloração rosa claro.

4.7.14 Isotermas de adsorção

Para as determinações das isotermas de adsorção, foram pesadas amostras de 0,2 g em triplicata em cadinhos de alumínio, previamente tarados e pesados. Em seguida, colocados em recipientes fechados contendo soluções salinas saturadas de valor conhecido de acordo com Greenspan (1977) (CH_3COOK – 21%, K_2CO_3 – 44%, NaBr – 58%, SnCl_2 – 76%, KCl – 84%, BaCl_2 – 90%) a temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

O processo foi acompanhado com pesagens de 24 em 24 horas até peso constante em balança analítica. Após o equilíbrio, foi medida a atividade de água em diferentes temperaturas (25, 30, 35 e 40°C). Depois, as amostras foram levadas à estufa de circulação de ar para determinação da massa seca das amostras. A umidade de equilíbrio (X_{eq}) foi calculada pela diferença entre a massa da amostra no equilíbrio e sua massa seca inicial, determinada pela equação a seguir.

$$X_{eq} = \frac{M_{eq} - M_{as}}{M_{as}} \quad (10)$$

Onde:

X_{eq} - Umidade de equilíbrio (g/g);

M_{eq} - Massa da amostra no equilíbrio (g);

M_{as} - Massa da amostra seca (g).

Para o ajuste matemático dos dados experimentais foram utilizados os modelos matemáticos citados na revisão bibliográfica, de Brunauer, Emmet e Teller (BET); Guggenheim-Anderson – De Boer (GAB); Henderson; Oswin (TONON *et al.*, 2009; GORDON; TAYLOR, 1952).

4.8 Avaliação morfológica

Foi realizado uma avaliação morfológica dos pós de manga das variedades Kent e Keitt, contendo 10, 20 e 30% de maltodextrina por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV). As amostras foram fixadas em suportes metálicos (*stub*), com uma fita adesiva de dupla face. Em seguida, foram metalizadas com uma liga de ouro/paládio, em uma metalizadora (QUORUM 150T ES). As amostras foram observadas em microscópio eletrônico de varredura (Inspect S-50 FEI).

4.9 Avaliação reológica

Os parâmetros para determinação das propriedades de fluidez reológicas das polpas de manga em pó, referentes a ângulo de fricção interna e externa, densidade e tensões de consolidação e de deslizamento foram realizadas no equipamento *Brookfield Powder Flow Tester 104*, seguindo as recomendações do manual do fabricante.

4.10 Potencial Zeta

A solução usada para a análise foi feita com 1 g da polpa em pó com 99 g de água destilada, utilizando um campo elétrico de 110 VDC. A solução foi agitada e levada para um analisador potencial zeta modelo Zetasizer Nano-ZS (Malvern Instruments, UK), operando na temperatura de 25 °C.

4.11 Difração de Raio X

As amostras foram colocadas em placas de alumínio com superfície plana e analisadas em difratômetro comercial. As medidas foram realizadas em geometria 2θ , utilizando um feixe de raio X de 0,15nm com tensão de 35 kV e corrente de 30 mA. Os perfis de difração foram obtidos no intervalo de 5° a 50° com passo angular de 0,02° a cada segundo.

4.12 Temperatura de transição vítrea

A análise foi executada de acordo com o descrito por Syamaladevi *et al.* (2009). O calorímetro teve sua temperatura e fluxo de calor calibrados, utilizando como padrão índio e safira. Em seguida, 15 mg da amostra foram colocadas em cápsulas de alumínio, resfriadas de 25 à -90°C com nitrogênio líquido. A amostras foram analisadas na faixa de temperatura de -110 à 110°C, a cada 5°C/min. As leituras foram feitas em duplicata.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização das polpas de manga variedade Keitt e Kent

As polpas integrais de manga das variedades Kent e Keitt foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos e físicos, conforme descritas na tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização físico-química e física das polpas de manga in natura das variedades Kent e Keitt.

| Análises | Polpa Kent | Polpa Keitt |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Umidade (%) | 78,03 ^b ± 0,10 | 83,71 ^a ± 0,18 |
| Atividade de água | 0,98 ^a ± 0,00 | 0,98 ^a ± 0,00 |
| pH | 4,04 ^b ± 0,02 | 4,93 ^a ± 0,03 |
| Sólidos solúveis (°brix) | 19,63 ^a ± 0,06 | 16,03 ^b ± 0,06 |
| Ácidez total titulável (% ác.cítrico) | 0,19 ^a ± 0,00 | 0,33 ^a ± 0,00 |
| Ác. Ascórbico (base úmida) (mg/100g) | 96,17 ^a ± 0,01 | 72,11 ^b ± 0,01 |
| Ác. Ascórbico (base seca) (mg/100g) | 437,67 ^a ± 1,9t | 442,61 ^a ± 4,8t |
| Cor coordenada L* | 61,54 ^a ± 0,14 | 51,84 ^b ± 0,10 |
| Cor coordenada a* | 5,72 ^b ± 0,03 | 10,69 ^a ± 0,03 |
| Cor coordenada b* | 54,32 ^a ± 0,20 | 47,37 ^b ± 0,03 |
| Carotenoides totais (base úmida) (mg/100g) | 1,06 ^a ± 0,05 | 0,90 ^b ± 0,06 |
| Carotenoides totais (base seca) (mg/100g) | 4,84 ^a ± 0,24 | 5,52 ^a ± 0,43 |
| Açúcares totais (%) | 17,24 ^a ± 0,36 | 12,71 ^b ± 0,20 |
| Açúcares redutores (%) | 5,34 ^a ± 0,10 | 3,99 ^b ± 0,11 |

Fonte: Elaborada pela autora. Valores médios, na mesma linha, seguidos de letras minúsculas diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Umidade

Os resultados da análise de umidade mostraram que as polpas apresentaram diferença significativa entre si, visto que a água está em sua constituição, onde nas variedades estudadas apresentaram valores médios de 78,03 e 83,71% para as polpas Kent e Keitt respectivamente. Segundo Chitarra e Chitarra (1990), as variações dos teores de umidade em frutos podem ser decorrentes do suprimento de água oferecido no momento do plantio, tipo de solo, sistema de produção, maturação do fruto, condições climáticas da região onde o fruto está sendo plantado, colheita, transporte e armazenamento.

Outros trabalhos, que estudaram variedades diferentes de manga, constataram valores de umidade semelhantes. Gonçalves e colaboradores (1998) trabalharam com a variedade Ubá, encontrando umidade média de 76,54%, enquanto que Faraoni, Ramos e Stringheta (2009), estudando a mesma variedade, registraram umidade média de 79,6%. Com valores mais elevados, semelhante ao verificado nesse trabalho para a variedade Keitt, estudos publicados por Mendes-Filho, Carvalho e Souza (2014) e Zotarelli, Carciofi e Laurindo (2015), relataram valores médios de umidade na ordem de 83,66% e 83,97%, respectivamente, utilizando em seus estudos a variedade Tommy Atkins. Enquanto Diógenes, Figueiredo e Sousa (2015), pesquisaram a variedade Haden e encontraram valor médio elevado de umidade (84,50%). Na legislação brasileira não há valores mínimos e máximos especificados para umidade em amostras de polpa de manga.

Atividade de água

As polpas Kent e Keitt não apresentaram diferença significativa entre os valores médios de atividade de água, com valores de 0,98 para ambas as polpas Kent e polpa Keitt. Frutos em geral tem uma grande quantidade de água, principalmente quando tem muita polpa. Nesta água estão diluídos os açúcares, ácidos orgânicos e nutrientes. A água pode estar presente no fruto, fisicamente presa a uma matriz de moléculas ou com uma mobilidade limitada, pois está ligada quimicamente com o alimento, não evaporando ou congelando (FELLOWS, 2019).

Outros trabalhos investigaram a atividade de água presente em outras variedades, como o relatado por Filho e colaboradores (2012) que evidenciaram o valor médio de 0,991 para manga da variedade Espada, e Almeida e colaboradores (2009), que encontraram valor médio de atividade de água para a variedade Tommy Atkins de 0,95 e para a variedade Rosa de 0,98.

pH

Os valores de pH obtidos neste trabalho foram em média de 4,04, para polpa Kent e 4,93, para a polpa Keitt, apresentando diferença estatística significativa entre elas. De acordo com o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de manga (BRASIL, 2018), os valores de pH são no mínimo 3,3. Baseado nessa instrução, observamos que a polpa Keitt obteve média de valor um pouco acima do valor limitado pela legislação, enquanto a polpa Kent obteve seu valor médio dentro da faixa estipulada (BRASIL, 2018).

Faraoni, Ramos e Stringheta, (2009) encontraram valores semelhantes para a manga da variedade Ubá (4,3), enquanto que Diógenes; Figueiredo; Sousa (2015), encontraram valores médios para polpa de manga da variedade Haden de 3,91. Aragão e colaboradores (2017), mostraram que ocorreu um aumento de pH durante o processamento da manga da variedade Espada, onde o valor médio de pH da polpa foi de 3,67 quando in natura e 4,29 quando desidratada osmoticamente, o que pode ser explicado pela concentração dos ácidos do fruto com a retirada da água.

O pH pode servir de parâmetro para demonstrar algum tipo de proliferação de microorganismos no produto, já que muitas bactérias e fungos produzem ácidos como resultado de seu crescimento, deixando o alimento mais ácido, reduzindo o pH do alimento, também pode ser um indicativo de degradação dos ácidos orgânicos presentes no fruto, o que leva a o aumento no seu valor.

Sólidos Solúveis

As polpas avaliadas neste trabalho apresentaram valores médios de 19,63° Brix e 16,03° Brix, para as polpas de variedade Kent e Keitt respectivamente. Esses valores encontraram-se dentro dos parâmetros estabelecidos da legislação, anteriormente citada em Brasil (2018), a qual se estabelece que o valor mínimo de sólidos solúveis presentes na polpa de manga é de 11° Brix, não havendo referências a valores máximos.

Silva e colaboradores (2009) fizeram um estudo da caracterização de 15 variedades diferentes de mangas encontradas na zona da mata mineira. Nesta caracterização, os valores médios de sólidos solúveis variaram de 12,1° Brix, que foi

o obtido para a manga Haden, a 20,9º Brix, valor obtido para a variedade Amarelinha. Para a variedade Kent, esses autores obtiveram o valor de 16,8º Brix, valor abaixo do obtido neste trabalho.

Mota, Queiroz e Figueiredo (2015) encontraram valores médios para polpa de manga de 12,76º Brix, enquanto que Miguel e colaboradores (2013) obtiveram valor médio para manga da variedade Palmer de 12,26º Brix.

A maturação do fruto ao ser colhido interfere no valor de sólidos solúveis, com o passar do tempo de maturação, há um aumento na concentração de açúcares presentes no fruto, principalmente sacarose, porém ainda com a presença de glicose e frutose, frutos mais maduros tendem a ter valores maiores que os frutos verdes, sendo um dos parâmetros utilizados para avaliação do ponto para colheita, além da coloração da casca, a maior concentração de sólidos solúveis é desejada em processos de secagem, pois leva a um maior rendimento (GALLI *et al.*, 2013).

Acidez Total Titulável

A polpa da variedade Kent apresentou valor médio de 0,19% de ácido cítrico, enquanto a polpa da variedade Keitt apresentou valor médio de 0,33%. Na legislação o valor mínimo estabelecido é de 0,32% de ácido cítrico, não havendo valor máximo.

Faraoni, Ramos e Stringheta (2009), estudando a manga da variedade Ubá, encontraram valor médio de 0,40%, enquanto Silva e colaboradores (2009) encontraram valores para a manga variedade Kent de 0,27%, para a variedade Ubá 0,46%, para a variedade Tommy Atkins 0,17% e para a variedade Palmer 0,20%. Latini (2015) encontrou valor médio de 0,62% para manga Rosa e Simão (1998) afirmou que, dependendo da variedade da manga, modo de cultivo, irrigação e maturação, a acidez total titulável pode variar de 0,13 a 0,76% de ácido cítrico.

De acordo com o Instituto Adolf Lutz (2008), os dados de quantificação de acidez nos alimentos podem fornecer informações que ajudam na conservação, uma vez que a deterioração do produto pode ser causada por hidrólise, oxidação ou fermentação, alterando quase sempre a concentração de íons de hidrogênio presentes no alimento analisado.

Ácido Ascórbico

Mais conhecido como vitamina C, este ácido está presente na maioria de tecidos vegetais, possui característica antioxidante, tem papel fundamental na nutrição humana e serve de catalizador em algumas reações bioquímicas. Sua degradação pode levar ao escurecimento não-enzimático do produto causando sabor e cor estranhos.

A vitamina C é utilizada como um importante indicador de preservação de nutrientes, pois é sensível a altas temperaturas, e se continuar presente no alimento mesmo após seu processamento, indicará que outros nutrientes, menos termolábeis, serão preservados (AROUCHA; VIANNI, 2002).

Assim, os valores encontrados no presente trabalho foram 96,17 mg/100g para a polpa Kent e 72,11 mg/100g para a polpa Keitt. Esses valores revelaram diferença significativa estatisticamente entre as amostras.

Bezerra e colaboradores (2011) encontraram valores menores de ácido ascórbico para mangas de variedade Rosa e Tommy Atkins, com 52,11 mg/100g e 36,24 mg/100g, respectivamente. Enquanto Ribeiro e colaboradores (2015), que avaliaram a qualidade de compostos bioativos em vinte e duas variedades de manga, obtiveram valores de 34,28 mg/100g à 73,43 mg/100g. Silva e colaboradores (2012) encontraram valores médios de 49,2 mg/100 g para a variedade Extrema, 53,7 mg/100g para a variedade Ubá e 20,2 mg/100g para a variedade Irwin.

Cor

A coloração do produto é um grande atrativo ao consumidor e um indicador de maturação, seus resultados são obtidos através de análise colorimétrica, fazendo parte da avaliação das características físicas do fruto.

Os resultados encontrados neste trabalho seguiram os parâmetros L* (Luminosidade), a* (intensidade de verde a vermelho) e b* (intensidade de amarelo a azul). Para a polpa Kent, os resultados foram, na ordem citada acima, 61,54, 5,72 e 54,32, já para a polpa Keitt, os resultados foram 51,84, 10,69 e 47,37, onde todos os parâmetros diferiram significativamente.

Diógenes, Figueiredo e Sousa (2015) encontraram valores médios para a manga da variedade Haden de sendo L* 50,39, a* 10,29 e b* 59,23, sendo próximos aproximando dos resultados obtidos neste trabalho para a polpa Keitt. Caparino *et al.* (2012) encontrou valores de 58,00, 15,91 e 49,08 para os parâmetros L*, a* e b* respectivamente, em polpas da variedade Ubá.

Chitarra e Chitarra (2005) citaram que a diferença de coloração entre as polpas pode estar relacionada com o local e período de armazenamento, que podem causar modificações pela exposição ao oxigênio, ao frio ou calor, degradação de pigmentos e reações enzimáticas.

Carotenoides

A polpa da variedade Kent apresentou um valor médio de carotenóides de 1,06 mg/100 g, enquanto a polpa Keitt apresentou valor médio de 0,90 mg/100 g, houve diferença significativa estatisticamente.

Silva e colaboradores (2014) encontraram valor médio de carotenóides para a polpa de manga da variedade Palmer de 1,9 mg/100 g, valor esse bem próximo ao encontrado neste trabalho, e Ribeiro (2006) apresentou valores médios para as mangas de variedade Ubá, Tommy Atkins e Palmer, de 2,41, 2,53 e 2,63 mg/ 100 g. Por sua vez, Ribeiro e colaboradores (2015), encontraram valores de 0,55 mg/ 100 g para polpa de manga da variedade Manila e 0,78 mg/ 100 g para a variedade Manzanillo.

Segundo Costa, Figueiredo e Silva (2010), a quantidade de carotenóides é o que caracteriza a cor amarela na polpa e nos produtos à base de polpas de manga são as principais fontes de vitamina A e atuam como antioxidantes.

Açúcares totais e redutores

Para a polpa da variedade Kent, os valores médios para açúcares totais foram de 17,24% e para açúcares redutores foram de 5,34%, já para a polpa Keitt os valores foram de 12,71% e 3,99% para açúcares totais e redutores, respectivamente. A legislação estipula como máximo valor para açúcares totais 17%, não estipulando valor mínimo e valores para açúcares redutores. A polpa Kent obteve resultado médio acima do estipulado na legislação, já a polpa Keitt obteve resultados médios condizentes com o estipulado.

Filho e colaboradores (2015) estudaram a variedade de manga Haden obtendo resultados com valores médios de 11,19% para açúcares totais e 3,16% para açúcares redutores, mostrando valores mais baixos do que os valores encontrados para as polpas Kent e Keitt.

Silva e colaboradores (2009) estudando polpas de manga das variedades Tommy Atkins, Espada e Ubá obtiveram valores médios de açúcares totais na ordem de 11, 10,60 e 14,80% respectivamente, como podemos verificar, a polpa Tommy Atkins e a Espada obtiveram valores menores do que as polpas deste presente trabalho e a polpa Ubá obteve valor médio maior que o da polpa Keitt, porém menor que o da polpa Kent.

Diniz (2009) encontrou valores para polpa de manga da variedade Tommy Atkins, obtendo valores médios de 10,6% para açúcares totais e 6,7% para açúcares redutores.

A quantidade de açúcares totais e redutores aumentou com a maturação do fruto sendo os, frutos verdes com mais ácidos e frutos maduros mais açúcares.

5.2 Planejamento experimental

Os resultados do planejamento experimental estão descritos nas tabelas 3 a 6. Foi realizado um planejamento casualizado, considerando as variáveis independentes rendimento, higroscopicidade, umidade, ácido ascórbico e cor nas coordenadas L*, a* e b* e como variável independente a concentração de maltodextrina, usando uma temperatura fixa de 130°C, usando polpa em pó de duas variedades de manga, Kent e Keitt.

Polpa em pó da variedade Kent

Tabela 3 - Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físicos e físico-químicos da polpa de manga em pó da variedade Kent em diferentes concentrações de maltodextrina.

| MD | Rendimento (%) | Higroscopicidade (%) | Umidade (%) | Ácido ascórbico (mg/ 100 g) |
|-----|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 0% | 5,20 ± 0,12 ^l | 4,70 ± 0,20 ^a | 2,26 ± 0,06 ^ε | 113,01 ± 0,07 ^d |
| 10% | 17,48 ± 1,5 ^ε | 3,89 ± 0,52 ^{ab} | 2,51 ± 0,03 ⁱ | 127,87 ± 0,04 ^c |
| 20% | 15,10 ± 0,5 ^ε | 2,62 ± 0,29 ^c | 2,08 ± 0,10 ^t | 159,89 ± 0,34 ^b |
| 30% | 15,01 ± 2,1 ^ε | 3,67 ± 0,11 ^b | 1,94 ± 0,10 | 208,08 ± 0,17 ^a |

Fonte: Elaborada pela autora. MD – [] de maltodextrina. Valores médios, na mesma coluna, seguidos de letras minúsculas diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O rendimento observado no estudo mostrou que o valor maior foi da polpa de manga em pó com 10% de maltodextrina, porém os valores de 10, 20, e 30% não diferiram entre si e o menor valor de rendimento foi observado no controle (0%). O que já era esperado, pois o agente carreador ajuda a aumentar a massa do pó, proporcionando um maior arraste deste para o ciclone.

O aumento no valor do rendimento foi causado pela presença da maltodextrina, que é um açúcar com alto peso molecular, o que contribui para a elevação da temperatura de transição vítrea, a diminuição da adesão de material na parede do equipamento e a encapsulação da polpa (ADHIKARI *et al.*, 1997).

No caso do experimento estudado, a polpa da variedade Kent com 10% de maltodextrina obteve um maior rendimento, numericamente, onde pode ter ocorrido uma melhor encapsulação da polpa com a quantidade de maltodextrina na solução

ou a polpa formou uma camada de material na câmara de secagem, resultando numa melhor escoabilidade para o pó que foi seco posteriormente.

No parâmetro higroscopicidade, o menor valor numérico foi o da polpa em pó com 20% de maltodextrina e o maior valor foi o da polpa sem maltodextrina. Amostras contendo 0 e 10% de maltodextrina não diferiram significativamente entre si, o mesmo aconteceu com os pós com 10 e 30% de maltodextrina, já o pó com 20% de maltodextrina diferiu de todos os outros.

A higroscopicidade é a capacidade de o produto adsorver água do ambiente até o seu equilíbrio, os açúcares presentes nos frutos, como glicose e frutose são responsáveis por fortes interações com moléculas de água pela presença de seus terminais polares (JAYA; DAS, 2004).

A maltodextrina tem baixa higroscopicidade, e se usada de maneira apropriada como agente carreador pode levar a uma diminuição na higroscopicidade do produto (TONON *et al.*, 2009).

No parâmetro umidade foi observado que a polpa sem maltodextrina e a polpa com 10% de maltodextrina não diferiram entre si, o mesmo aconteceu com as polpas com 0 e 20% de maltodextrina e com as polpas com 20% e 30% de maltodextrina.

Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012) trabalharam com secagem de amora preta com diferentes concentrações de maltodextrina e obtiveram resultados semelhantes aos apresentados neste estudo, observando que com a adição de 5% de maltodextrina foi obtido valor médio de 3,05% de umidade, com 15% de maltodextrina, 1,51% de umidade e com 25% de maltodextrina o valor encontrado foi de 1,08% de umidade.

Segundo a resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005 intitulada de regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis, onde se enquadra produtos em pó, a umidade do produto não pode exceder 25% (BRASIL, 2005).

A umidade é um parâmetro importante para alimentos em pó, pois contribui para aglomeração e modificação de características físicas, físico-químicas e sensoriais, também pode afetar o armazenamento e estocagem.

A concentração de ácido ascórbico aumentou com o aumento da concentração e maltodextrina, tendo todas as concentrações diferindo estatisticamente entre si a um nível de significância de 95% de confiança.

Isso se deve ao fato da maltodextrina ser um encapsulante, usada como agente carreador, a qual forma uma barreira protetora para os nutrientes presentes na polpa (WILKOWSKA *et al.*, 2016). A temperatura usada no processamento é alta para alguns nutrientes termolábeis como por exemplo a vitamina C, porém o tempo que o produto fica em contato com o ar é ínfimo, não causando a degradação do mesmo.

Tabela 4 - Valores médios e desvios padrões resultantes de análise colorimétrica da polpa de manga em pó da variedade Kent em diferentes concentrações de maltodextrina.

| MD | L* | a* | b* |
|-----|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 0% | 55,91 ± 1,34 ^b | -0,50 ± 0,18 ^a | 16,86 ± 0,96 ^a |
| 10% | 63,32 ± 0,95 ^a | -2,52 ± 0,02 ^b | 13,43 ± 0,34 ^b |
| 20% | 63,26 ± 0,83 ^a | -2,78 ± 0,11 ^{bc} | 12,97 ± 0,26 ^b |
| 30% | 64,53 ± 0,06 ^a | -2,82 ± 0,03 ^c | 10,66 ± 0,05 ^c |

Fonte: Elaborada pela autora MD- Concentração de maltodextrina. Valores médios, na mesma coluna, seguidos de letras minúsculas diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A cor é um dos primeiros critérios decisórios para o consumidor, se a cor for atraente é mais provável que o consumidor compre ou pelo menos prove. A colorimetria é usada tanto para análises ligadas ao controle de qualidade do alimento como também para caracterizar pigmentos a exemplo das antocianinas, clorofila e carotenóides (MONTES *et al.*, 2005).

Na análise colorimétrica foram estudadas as coordenadas L*, a* e b*, utilizando os espaços CIEL*a*b* sendo L* a luminosidade, a* a variação de intensidade entre vermelho e verde e b* a variação de intensidade entre amarelo e azul.

Na coordenada L* somente a polpa sem maltodextrina diferiu significativamente das outras polpas com concentrações de 10, 20 e 30% de maltodextrina, obtendo o menor valor, o que já era esperado pois a maltodextrina tem a coloração branca, o que faz com que aumente a luminosidade da amostra, por estar mais próximo do branco puro.

A coordenada a* mostrou valores negativos tendendo a coloração mais esverdeada, já a coordenada b* apresentou valores positivos tendendo ao amarelo,

coloração característica de polpas de manga. A diminuição do valor dessas coordenadas pode ser explicada pela diluição da cor com a adição do agente carreador.

A diminuição dos valores médios da coordenada b^* se associa a degradação de carotenóides no processamento de secagem como já citado em Saxena *et al.* (2012), estudando jabuticaba desidratada.

Valores diferentes foram encontrados por Diógenes e colaboradores (2015), com valores de L^* na ordem de 50,39, a^* 10,29 e b^* 59,23, para polpa de manga da variedade Haden sem adição de maltodextrina, e valores de 40,14, 7,24 e 43,63 para as coordenadas L^* , a^* e b^* , respectivamente, para polpa de manga da variedade Haden com 30% de maltodextrina.

Rocha e colaboradores (2014) observaram em seu estudo com suco de caju em pó com 30% de maltodextrina valores de L^* 57,09, a^* -1,52 e b^* 5,99, mostrando valor de luminosidade e de coordenada b^* menores que o apresentado neste trabalho e valor médio da coordenada a^* maior do que o citado.

Polpa em pó da variedade Keitt

Tabela 5 - Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físicos e físico-químicos da polpa de manga em pó da variedade Keitt em diferentes concentrações de maltodextrina.

| MD | Rendimento (%) | Higroscopicidade (%) | Umidade (%) | Ác. ascórbico (mg/ 100 g) |
|-----------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 0% | 6,91 ± 0,35 | 4,54 ± 0,83 ^a | 2,35 ± 0,07 ⁱ | 97,08 ± 0,03 ^d |
| 10% | 14,16 ± 0,7 ^ε | 4,17 ± 0,98 ^a | 2,21 ± 0,12 ^e | 144,95 ± 0,81 ^c |
| 20% | 13,88 ± 2,3 ^ξ | 3,69 ± 1,15 ^a | 1,85 ± 0,01 ^e | 192,07 ± 0,29 ^b |
| 30% | 23,71 ± 2,2 ^ξ | 4,31 ± 0,37 ^a | 1,60 ± 0,03 | 209,82 ± 0,10 ^a |

Fonte: Elaborada pela autora. MD – Concentração de maltodextrina. Valores médios, na mesma coluna, seguidos de letras minúsculas diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para avaliação do ponto ótimo do experimento, foi usado como variáveis dependentes o rendimento, higroscopicidade, umidade, ácido ascórbico, além de análise colorimétrica dos valores das coordenadas L^* , a^* e b^* .

No parâmetro rendimento pode ser observado que o menor valor foi o da polpa sem adição de maltodextrina, o que já era esperado devido a quantidade de açúcares presentes, que em contato com altas temperaturas pode ter caramelizado, ficando aderido nas paredes da câmara de secagem. O valor médio do rendimento da polpa em pó com 0% de maltodextrina diferiu de todas as outras.

Neste trabalho, observamos que o rendimento das polpas em pó (Tabela 5) adicionadas com 10 e 20% de maltodextrina não diferiram entre si. Já a polpa com adição de 30% de maltodextrina diferiu significativamente das demais. Esse comportamento pode ser explicado pela adição do agente carreador, que tornou a temperatura de transição vítrea do pó mais alta, facilitando a escoabilidade do pó, o qual não fica tão aderido à câmara de secagem, passando para o ciclone e para o coletor e aumentando o rendimento.

Lima e colaboradores (2017), estudando o rendimento de secagem da polpa de pitanga adicionada de proteína de soro do leite em leite de jorro, observaram rendimento maior (38%) do que o encontrado neste trabalho. A proteína de soro do leite serviu como agente carreador nessa amostra, demonstrando funcionamento parecido com o da maltodextrina, mesmo sendo uma proteína e não um carboidrato. Porém, em estudo de Júnior e colaboradores (2015), a secagem da polpa de pitanga com leite e adição de 1% de proteína do leite isolada exibiu rendimento de 15%.

No trabalho escrito por Germano (2016) foi utilizada banana verde como matéria-prima com a adição de 5% de albumina, usando como secador o spray dryer, onde obteve-se como resultado médio 20% de rendimento.

O rendimento não depende somente do agente carreador, a temperatura também influencia, dependendo da amostra pode-se ou não usar uma temperatura mais alta, pois a presença de compostos como açúcares sofrem modificação, tais como caramelização e reação de Maillard, que é uma reação não enzimática, que dificulta a escoabilidade do pó e modifica sua coloração.

No parâmetro higroscopicidade, não houve diferença significativa entre os valores médios das polpas da variedade Keitt com 0, 10, 20 e 30% de maltodextrina.

Em Oliveira, Costa e Afonso (2014), estudando a caracterização e o comportamento higroscópico da polpa em pó de cajá liofilizada, encontraram valores de higroscopicidade para a polpa em pó de 12,93% e para polpa de cajá em pó com adição de 17% de maltodextrina valor médio de 8,51%, valores estes mais altos que os estudados neste trabalho.

A maltodextrina é pouco higroscópica, e usada como agente carreador diminui a higroscopicidade do pó onde é incorporado.

Ferrari, Ribeiro e Aguirre (2012) trabalharam com pó de amora-preta, usando diferentes concentrações de maltodextrina e temperatura de 160 °C, em secador liofilizador, encontrando valores médios de higroscopicidade de 28,73% para polpa com adição de 5% de maltodextrina, 22,32% para polpa com 15% de maltodextrina e 18,77% para polpa com 25% de maltodextrina.

Cavalcante e colaboradores (2017), trabalhando com polpa de graviola em spray dryer, com adição de 17% de maltodextrina e temperatura de 169°C obtiveram valor médio de 10,41% de higroscopicidade, já Marques, Prado e Freire (2009) secaram polpa de abacaxi com 10% de maltodextrina, também em spray dryer a uma temperatura de 100°C e encontraram valor médio de 24,91%.

Pelo que pode ser percebido a polpa de manga da variedade Keitt é pouco higroscópica comparando com outros trabalhos.

Podemos perceber nos trabalhos citados e também neste trabalho que quando maior a concentração de maltodextrina menor será a higroscopicidade da amostra. Para que os pós mantenham suas características físicas e físico-químicas é preciso que o valor de higroscopicidade seja o mais baixo possível, pois a

absorção de umidade do ambiente será menor fazendo com que o tempo de prateleira desse pó aumente (PEDRO, 2009).

A umidade é um dos parâmetros mais importantes para o estudo de pós alimentícios. Uma alta umidade pode resultar em perdas devido a sua instabilidade química, deterioração microbiológica, alterações fisiológicas e perda de qualidade do produto (VINCENZI, 2009).

Para a polpa sem maltodextrina foi obtido o maior valor numérico de umidade de 2,35%, seguido pela polpa com adição de 10% de maltodextrina que representou 2,21%, a polpa com 20% de maltodextrina apresentou umidade de 1,85% e a polpa com 30% de maltodextrina apresentou com valor médio de umidade de 1,60%, sendo o menor valor numérico.

As polpas sem maltodextrina, com 10% e 20% de maltodextrina não diferiram entre si estatisticamente, as polpas com 10, 20 e 30% também não diferiram entre si estatisticamente.

A adição de maltodextrina leva a uma diminuição na umidade das amostras, já que a uma menor higroscopicidade fazendo com que o pó não absorva tanta água do ambiente. Também são comumente utilizadas, barreiras mecânicas para tentar diminuir a absorção de umidade de pós alimentícios, como por exemplo embalagens.

Em um estudo de estabilidade da polpa de mandacaru, em pó com adição de 10% de maltodextrina DE 10 e DE 14, Oliveira e colaboradores (2015). Encontraram o valor médio para o dia 0 de 6,07% de umidade na polpa com maltodextrina DE 10 e 6,77% de umidade para a polpa com maltodextrina DE 14.

Um estudo feito por Bezerra e colaboradores (2010) sobre o comportamento higroscópico de pós de manga das variedades Coité e Espada e avaliação das características físico-químicas encontraram valores de umidade de 12,08% para a variedade Coité e 12,46% para a variedade Espada, esses números mostram a umidade de polpas em pó de manga sem adição de maltodextrina, sendo perceptível a diferença na umidade em material seco sem nenhum agente carreador.

Em um estudo feito por Cavalcante e colaboradores (2018) sobre o comportamento higroscópico da polpa de graviola em pó com adição de 17% de maltodextrina em secador spray dryer foram encontrados resultados médios de umidade de 1,39%. A quantidade de maltodextrina adicionada a solução que foi

seca depende das características da polpa utilizada e quanto mais higroscópica a polpa se apresentou mais maltodextrina precisou ser adicionada, para que o pó resultante obtivesse menor valor de umidade sendo mais estável.

Em relação ao parâmetro quantidade de ácido ascórbico (vitamina C), houve uma diferença significativa em todos os resultados médios, observando um aumento na quantidade de vitamina C à medida que houve um aumento na concentração de maltodextrina.

A vitamina C é uma das vitaminas mais sensíveis a temperaturas, sendo normalmente degradada durante a secagem em altas temperaturas (ALVES, 2003). A maltodextrina é um agente encapsulador, que serve como proteção para vários nutrientes presentes na polpa como por exemplo o ácido ascórbico, assim mesmo em temperaturas mais altas a vitamina não se degrada tanto, tendo um maior teor presente no produto final. (WANG; WANG, 2000).

Em Bezerra e colaboradores (2011) foram avaliados pós de duas variedades de mangas, Rosa e Tommy Atkins, e foram obtidos valores de quantidade de vitamina C de 76,57 g/100g e 36,22 g/100g, respectivamente.

No trabalho de Oliveira, Costa e Afonso (2014) sobre caracterização e comportamento higroscópico de polpa em pó de cajá liofilizada foram achados valores médios de 168,47 para a polpa de cajá liofilizada sem adição de agente carreador e 90,46 g/100g de ácido ascórbico na polpa de cajá com adição de 17% de maltodextrina. No processo de liofilização o produto fica em contato com temperaturas altas por mais tempo, o que pode ter influenciado na diminuição da quantidade da vitamina mesmo com adição de maltodextrina.

A quantidade de vitamina C presente na polpa pode ser influenciada pela variedade, estágio de maturação, solo, clima, quantidade de chuvas e temperatura (LIMA, 2007).

A tabela 6 apresenta os valores das coordenadas de colorimetria L*, a* e b* das polpas em pó de manga da variedade Keitt, com 10, 20 e 30% de maltodextrina, como podemos ver a seguir.

Tabela 6 - Valores médios e desvios padrões resultantes de análise colorimétrica da polpa de manga em pó da variedade Keitt em diferentes concentrações de maltodextrina.

| MD | L* | a* | b* |
|-----|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0% | 55,58 ± 0,69 ^b | -1,44 ± 0,11 ^a | 13,68 ± 0,84 ^{ab} |
| 10% | 63,79 ± 0,17 ^a | -2,90 ± 0,09 ^b | 14,60 ± 0,19 ^a |
| 20% | 64,19 ± 0,70 ^a | -2,99 ± 0,07 ^b | 12,96 ± 0,30 ^b |
| 30% | 62,16 ± 2,16 ^a | -2,68 ± 0,36 ^b | 13,02 ± 0,27 ^b |

Fonte: Elaborada pela autora. MD- Concentração de maltodextrina. Valores médios, na mesma coluna, seguidos de letras minúsculas diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Analisando os parâmetros de colorimetria, L*, a* e b*, para a polpa em pó de manga da variedade Keitt podemos ver que na coordenada L* somente o pó sem adição de maltodextrina mostrou diferença significativa estatisticamente, tendo o menor valor.

Na coordenada a* o pó sem maltodextrina também foi o único a mostrar diferença significativa estatisticamente, tendo neste caso o maior valor. Na coordenada b*, a polpa sem maltodextrina não diferiu significativamente da polpa com 10% de maltodextrina, nem com as polpas com 20 e 30% de maltodextrina, já a polpa de 10% de maltodextrina diferiu significativamente das polpas com 20 e 30% de maltodextrina, como mostrado na tabela 13, mostrando que a cor amarela predomina sobre a cor verde.

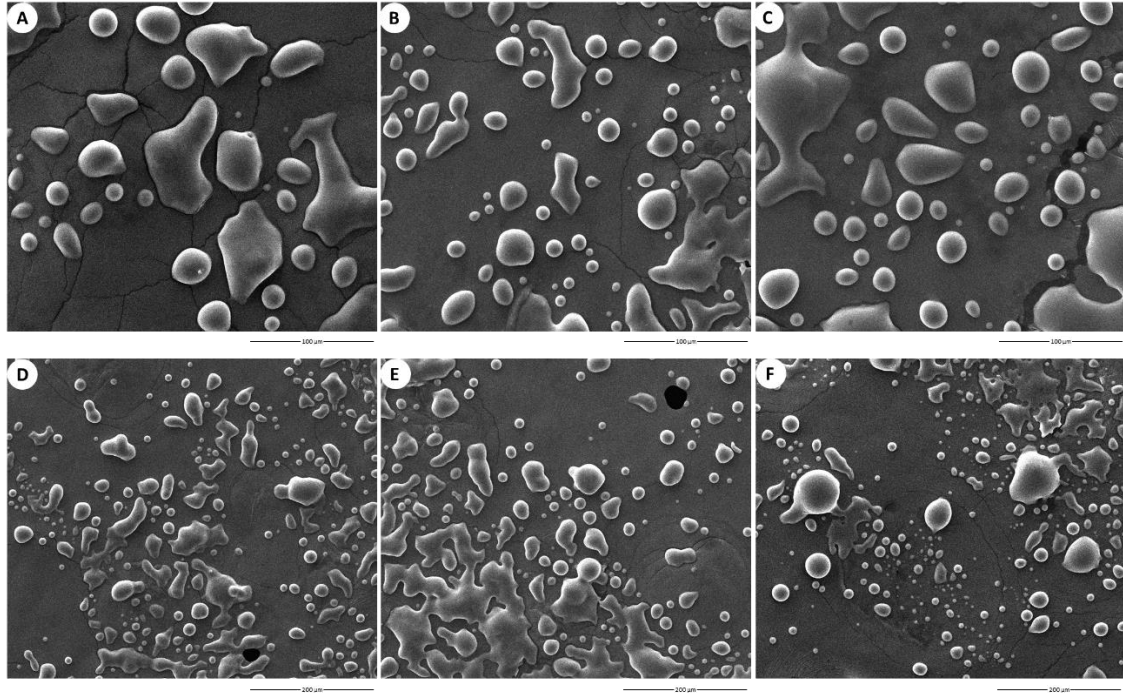
Lunardi e Rosa (2015) estudando os parâmetros de cor antes e depois da liofilização de manga, encontraram resultados médios para a manga seca de L* 65,7, a* 11,8 e b* 73,9, tendo o valor de L* próximo aos valores encontrados neste trabalho, porém os valores de a* e b* superiores. Os resultados encontrados por Moreira e colaboradores (2013), estudando pó de manga, obtiveram valores de L* 52,2, a* -2,01 e b* 19,2, obtendo resultados próximos aos encontrados no presente trabalho.

Em um estudo sobre caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada com adição de 17% de maltodextrina, feito por Oliveira, Costa e Afonso (2014), foram encontrados valores médios de 58,41, -1,35, e 21,34 para as coordenadas L*, a* e b*, respectivamente.

Baseado nos resultados das análises, foi escolhido como melhor tratamento a polpa com adição de 30% de maltodextrina, para ambas as variedades.

5.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Figura 8 - Imagens microscópicas das amostras de polpas de manga em pó, das variedades Kent e Keitt, encapsuladas com diferentes concentrações de maltodextrina.



Fonte: Elaborado pela autora. A, B e C representam o pó de polpa de manga da variedade Kent com 10, 20 e 30% de maltodextrina com 1000x de aumento, respectivamente. D, E e F representam o pó de polpa de manga da variedade Keitt com 10, 20 e 30% de maltodextrina com 500x de aumento, respectivamente.

Por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV) verificaram-se as características morfológicas e estruturais das polpas de manga em pó encapsuladas com diferentes concentrações de maltodextrina. A microestrutura dos pós, evidenciada com aumento de 1000 vezes nas amostras A, B e C, e com aumento de 500 vezes nas amostras D, E e F, estão evidenciadas na figura 8.

As imagens das partículas das polpas de manga em pó, das variedades Kent e Keitt, apresentam um pó em formato esférico, com diversos tamanhos, com superfície lisa e uniforme, revelando a ausência de microfissuras, indicando a existência de um filme contínuo na parede das microesferas, que são características desejáveis para a estabilidade do material, segundo Osorio e colaboradores (2010), e atribuídas ao uso de maltodextrina e temperatura do ar de entrada utilizada no processo de secagem.

A característica de superfície lisa apresentada nos pós de polpa de manga encapsulada com maltodextrina pode ser justificada pela presença da grande quantidade de açúcar presente na molécula de maltodextrina 20DE, que podem atuar como agentes plastificantes, evitando assim o encolhimento da superfície durante a secagem no *spray dryer*. Caparino e colaboradores (2012) também observaram que a polpa de manga da variedade Carabao apresentou microesferas com superfície lisa e fina quando encapsuladas com maltodextrina na proporção de 25% (m:v).

As partículas apresentaram tamanhos diversos, com diâmetros variando de 8,5 a 50,1 μm , dimensões dentro do esperado para produtos oriundo deste modo de secagem, que variam entre 10 e 100 μm (FANG; BHANDARI, 2010).

Ao realizar uma comparação de tamanho de partículas entre os tratamentos, foi evidenciado que não houve diferença quando se é adicionado mais agente encapsulante. Essa constatação difere das observações realizadas por Ré e Higa (1995) que afirmam sobre a produção de partículas menores quando adicionamos mais agente encapsulante no sistema. Essa diminuição de tamanho de partículas, relacionada com o aumento da concentração do agente encapsulante também foi constatada por Zilberboim, Kopelman e Talmon (1986) onde atribuem esse fator a baixa viscosidade presente no conteúdo de sólidos na alimentação dos sistemas, o que determina a produção das partículas esféricas menores.

Apesar de não ter havido diferença estatística entre os tamanhos das partículas dos tratamentos e entre as variedades testadas, visualmente observamos uma tendência na diminuição do diâmetro das partículas com o aumento da concentração de maltodextrina. Essa variedade em tamanho é uma característica típica para partículas produzidas por *spray drying*. Esse fato foi constatado também por Tonon; Grosso; Hubinger (2011) e por Trindade e Grosso (2000), ao encapsularem óleo de linhaça e ácido ascórbico, respectivamente, com diferentes agentes encapsulantes em processo de *spray drying*.

5.4 Difração de Raio X

A avaliação das propriedades de cristalinidade, através da análise de difração de raio X, objetiva verificar propriedades que possam afetar a cinética de

liberação da polpa de manga e a velocidade de degradação da maltodextrina (CANEVAROLO JR., 2004).

A difração de raios X é uma técnica comumente utilizada para o conhecimento da estrutura cristalina amorfa de produtos na forma de pó. Em geral, produtos cristalinos mostram um padrão com uma série de picos agudos, enquanto produtos amorfos produzem um amplo padrão de fundo, como o observado neste trabalho (CAPARINO *et al.*, 2012).

Pode-se observar que os difratogramas das amostras de pós de polpas de manga (B a G) apresentaram semelhanças importantes ao difratograma da maltodextrina (A), o que evidência a encapsulação do pó pelo polissacarídeo e ausência de estruturas inerentes aos cristais da manga em pó, semelhante ao evidenciado por Adhikari e colaboradores (2009). Além disso, é interessante notar que a contagem de intensidade dos difratogramas entre os tratamentos manteve-se equivalente entre as amostras, comprovando que a temperatura de secagem possibilitou mudanças pouco significativas, resultando em uma pequena desorganização das pontes de hidrogênio intramoleculares e intermoleculares entre as moléculas da polpa e da maltodextrina. No estado estrutural das polpas desidratadas deste estudo, mostrando a característica amorfa principalmente entre 15 e 25° na amostra A (maltodextrina), e nas demais amostras entre 15 e 30°, sem nenhuma região cristalina definida.

Situação semelhante foi constatado por Gavrielidou e colaboradores (2002), onde esses autores atribuíram essa característica de desorganização entre a água e o amido, resultando na degradação da estrutura molecular e a perda da cristalinidade.

Figura 9 - Difratoograma do agente carreador maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração.

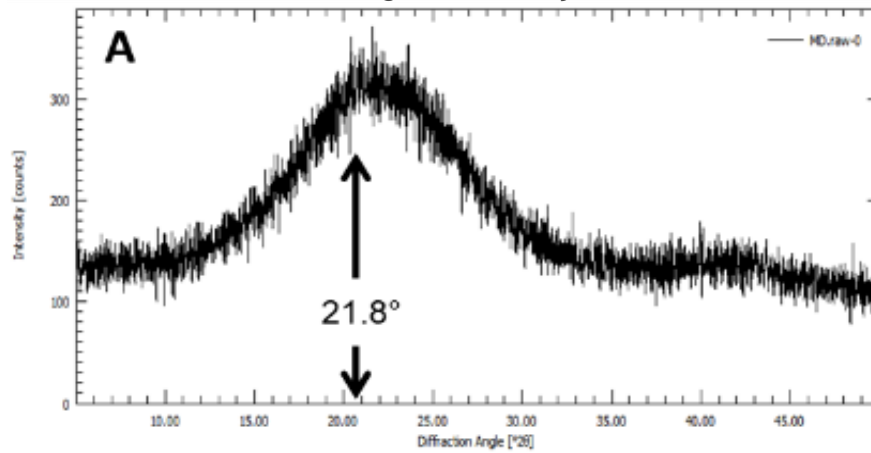


Figura 10 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Kent com 10% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração.

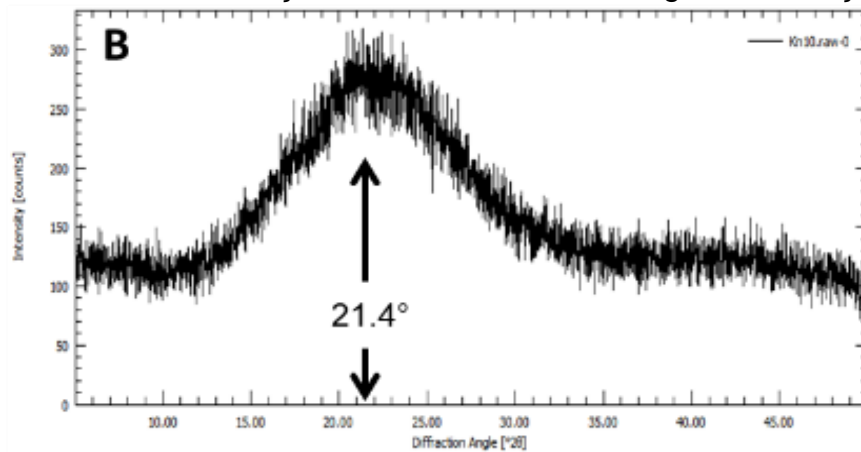


Figura 11 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Kent com 20% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração.

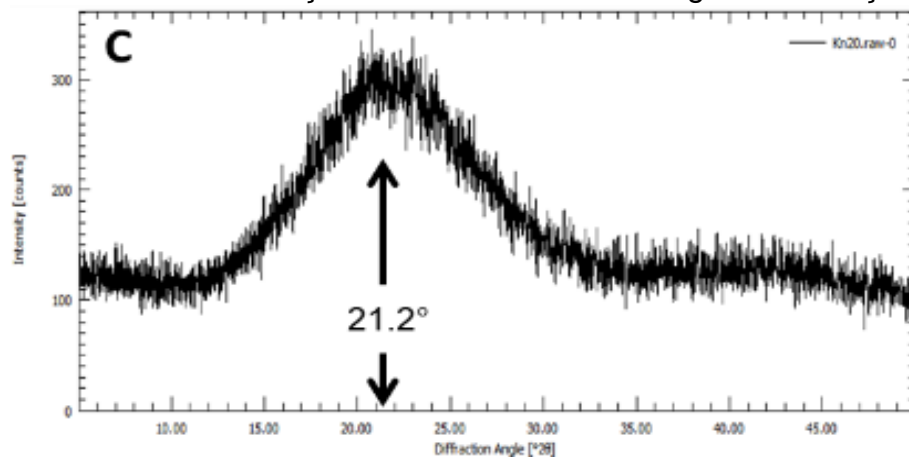


Figura 12 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Kent com 30% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração.

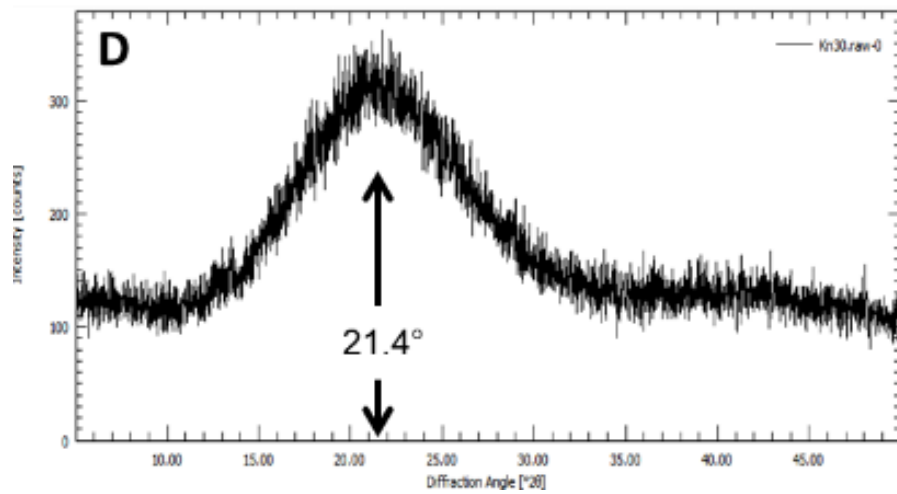


Figura 13 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Keitt com 10% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração.

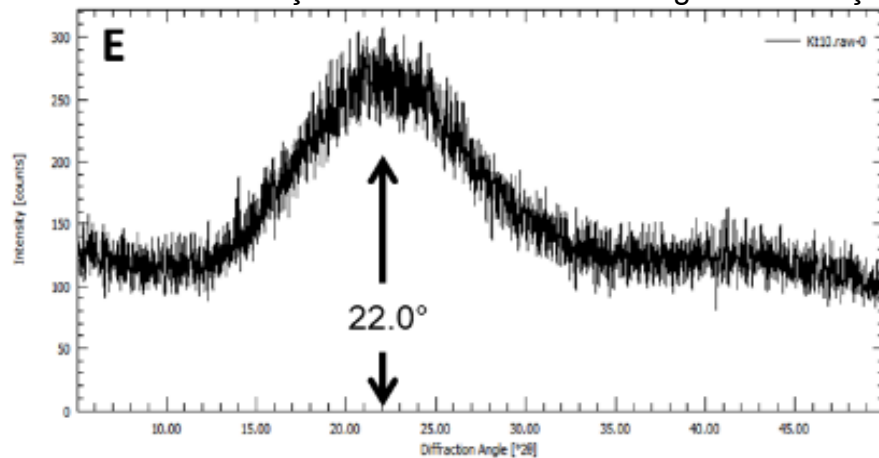


Figura 14 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Keitt com 20% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração.

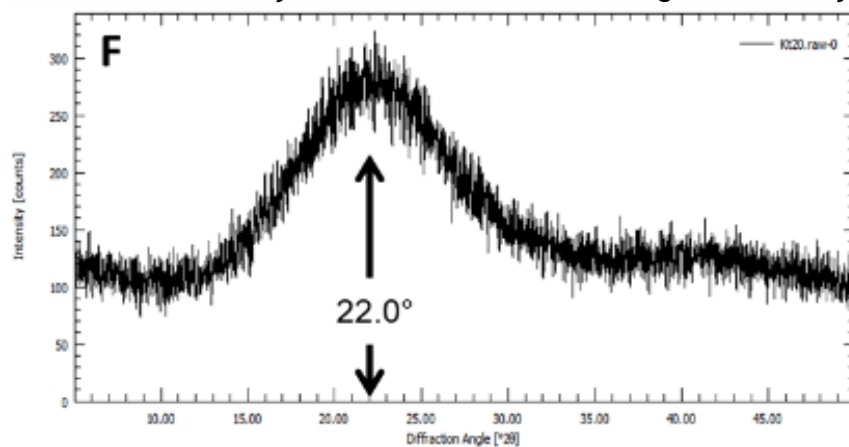
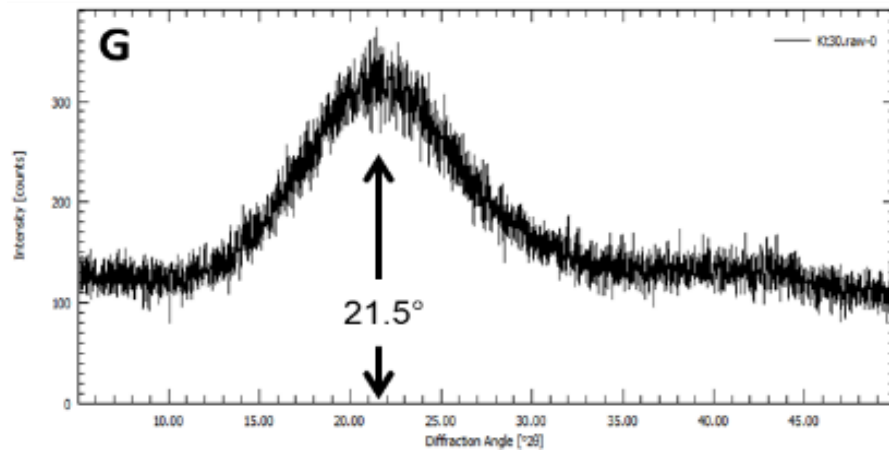


Figura 15 - Difratoograma de polpa em pó de manga da variedade Keitt com 30% de maltodextrina em função da intensidade e do ângulo de difração.



De acordo com Cano-Chauca e colaboradores (2005), a presença de picos grandes e difusos, como os apresentados nas figuras acima, significam a predominância de materiais amorfos, onde as moléculas apresentaram-se desordenadas e instáveis.

Essa característica amorfa do pó de manga também foi evidenciada por Harnkarnsujarit e Charoenrein (2011), em difratogramas de pó de manga liofilizada e por Caparino e colaboradores (2012) em seu estudo sobre o efeito de diferentes métodos de secagem sobre as propriedades do pó de manga.

5.5 Parâmetros reológicos dos pós de manga

Para o entendimento dos resultados reológicos dos pós temos que observar três parâmetros, a função de fluxo, a densidade aparente e o ângulo de atrito com as paredes, resultados dados com o auxílio do equipamento *powder flow test* (PFT).

Função de fluxo

Foram obtidos resultados de tensão de consolidação (σ_1) e tensão não confinada de deslizamento (σ_c) para as polpas em pó das variedades Kent e Keitt, ambas com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, obtidos pelo processo de secagem em spray dryer, como pode ser observado abaixo (Tabela 7):

Tabela 7 - Resultados das tensões de consolidação e não confinadas de deslizamento dos pós de manga da variedade Kent adicionados de 10, 20 e 30% de maltodextrina.

| Concentração de maltodextrina | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 10% (m/m) | | 20% (m/m) | | 30% (m/m) | |
| σ_c (kPa) | σ_1 (kPa) | σ_c (kPa) | σ_1 (kPa) | σ_c (kPa) | σ_1 (kPa) |
| 1,274 | 1,608 | 1,249 | 1,420 | 1,167 | 1,478 |
| 1,941 | 3,021 | 2,112 | 2,912 | 1,884 | 2,897 |
| 3,469 | 6,503 | 3,728 | 6,592 | 2,763 | 5,775 |
| 5,903 | 12,314 | 5,509 | 12,889 | 3,983 | 12,731 |
| 7,669 | 16,991 | 7,801 | 25,022 | 5,826 | 26,532 |

Fonte: Elaborada pela autora. σ_1 – Tensão principal de consolidação; σ_c – Tensão não confinada de deslizamento.

Pode ser observado, na tabela 7, que com o aumento das tensões principais de consolidação há aumento nas tensões não confinadas de deslizamento, também podemos verificar que da concentração nas três concentrações, 10, 20, e 30% de maltodextrina, há um leve aumento nas tensões tanto não confinadas de deslizamento quanto nas principais de consolidação, porém se compararmos entre as concentrações de maltodextrina, a tensão não confinada de deslizamento tem um

aumento entre as concentrações de 10 e 20% e diminui na de 30%, o que também ocorre com a variedade Keitt (Tabela 8).

Tabela 8 - Resultados das tensões de consolidação e não confinada de deslizamento dos pós de manga da variedade Keitt adicionados de 10, 20 e 30% de maltodextrina.

| Concentração de maltodextrina | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|
| 10% (m/m) | | 20% (m/m) | | 30% (m/m) | |
| σ_c | σ_1 | σ_c | σ_1 | σ_c | σ_1 |
| (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kPa) | (kPa) |
| 1,235 | 1,452 | 1,104 | 1,478 | 1,313 | 1,471 |
| 1,96 | 2,827 | 1,993 | 3,182 | 2,064 | 2,765 |
| 3,204 | 5,832 | 3,277 | 6,696 | 3,493 | 5,778 |
| 4,724 | 11,224 | 5,545 | 12,986 | 4,916 | 12,367 |
| 7,607 | 21,665 | 9,608 | 25,595 | 6,363 | 24,825 |

Fonte: Elaborado pela autora. σ_1 – Tensão principal de consolidação; σ_c – Tensão não confinada de deslizamento.

Para uma melhor caracterização do produto e um melhor entendimento dos dados da análise, é calculado o índice de fluxo (ffc), que é a razão entre a tensão principal de consolidação e a tensão não confinada de deslizamento. Essa razão mostra a classificação do material de acordo com sua escoabilidade que pode variar de um material que não escoo até um material de escoamento livre, como podemos observar na tabela 9, segundo Jenike (1964).

Tabela 9 - Relação do índice de fluxo com a escoabilidade dos pós.

| Faixa de ff | Material em relação ao escoamento |
|--------------------|--|
| $ff_c < 1$ | Material não escoo |
| $1 < ff_c < 2$ | Material muito coesivo |
| $2 < ff_c < 4$ | Material coesivo |
| $4 < ff_c < 10$ | Material de fácil escoamento |
| $10 < ff_c$ | Material com escoamento livre |

Fonte: Jenike (1964)

A Tabela 9 mostra o índice de fluxo (ffc) dos pós de manga com adição de maltodextrina, onde podemos perceber que os pós das duas variedades e com adição de diferentes concentrações de maltodextrina se apresentaram na faixa de 2,0 a 4,0, tendo assim um material coesivo tendendo a ser muito coesivo, o que já era esperado pelo comportamento do pó durante as análises, também podemos

observar que a medida que a concentração de maltodextrina aumenta, o índice de fluxo também aumenta, tendendo a ter um pó menos coesivo já que o agente carreador auxilia na escoabilidade, gerando um pó com uma melhor qualidade, com maior tempo de prateleira.

Tabela 10 - Índice de fluxo dos pós das polpas de manga das variedades Kent e Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina.

| Maltodextrina | Índice de fluxo variedade Kent | Índice de fluxo variedade Keitt |
|----------------------|---------------------------------------|--|
| 10% | 2,0 | 2,3 |
| 20% | 2,4 | 2,3 |
| 30% | 3,2 | 2,6 |

Fonte: Elaborado pela autora.

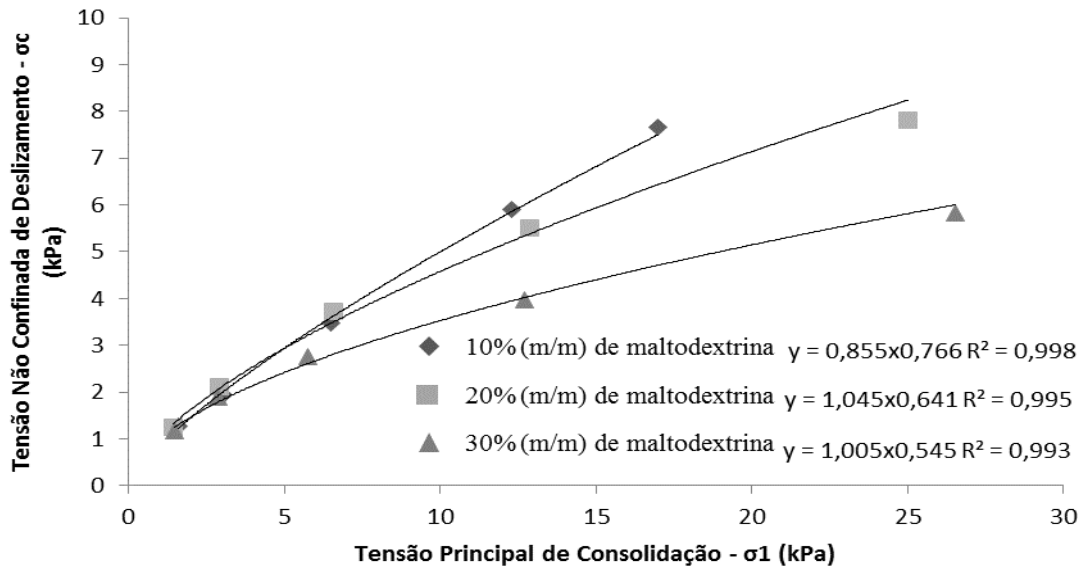
Para indústrias que trabalham com pós a escoabilidade é de suma importância pois problemas no escoamento e interrupções de fluxo podem diminuir a eficiência do processo, aumentar o custo e o tempo de produção. Ter informações dos produtos antes da montagem dos processos e equipamentos ajuda a ter um real entendimento sobre o que é preciso para dimensionar um equipamento, usando a característica do produto a favor do processo (ESCUDEIRO; FERREIRA, 2014).

Segundo Lopes Neto e colaboradores (2007), a total compreensão do comportamento dos pós alimentícios é algo difícil de se obter pois existem diversos fatores que influenciam, como sais, ácidos, gorduras e carboidratos, influenciando no fluxo do produto. Também são grandes influenciadores no fluxo do pó a umidade relativa, temperatura, pressão, dimensões de partícula e adição de agentes carreadores, que auxiliam para um fluxo mais livre.

Além da concentração de maltodextrina, outro fator que influencia na tensão de deslizamento do pó é a tensão de consolidação, como pode ser observado no gráfico 1 e 2 que ilustra as propriedades de fluxo dos pós em diferentes concentrações de maltodextrina.

No gráfico 1 podemos ver que os pós estudados, da variedade de manga Kent, obtiveram resultados de função de fluxo semelhantes, sendo considerados pós coesivos de acordo com a tabela de Jenike (1964), já citada anteriormente.

Gráfico 1 - Tensão não confinada de deslizamento em função da tensão principal de consolidação para a polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina.

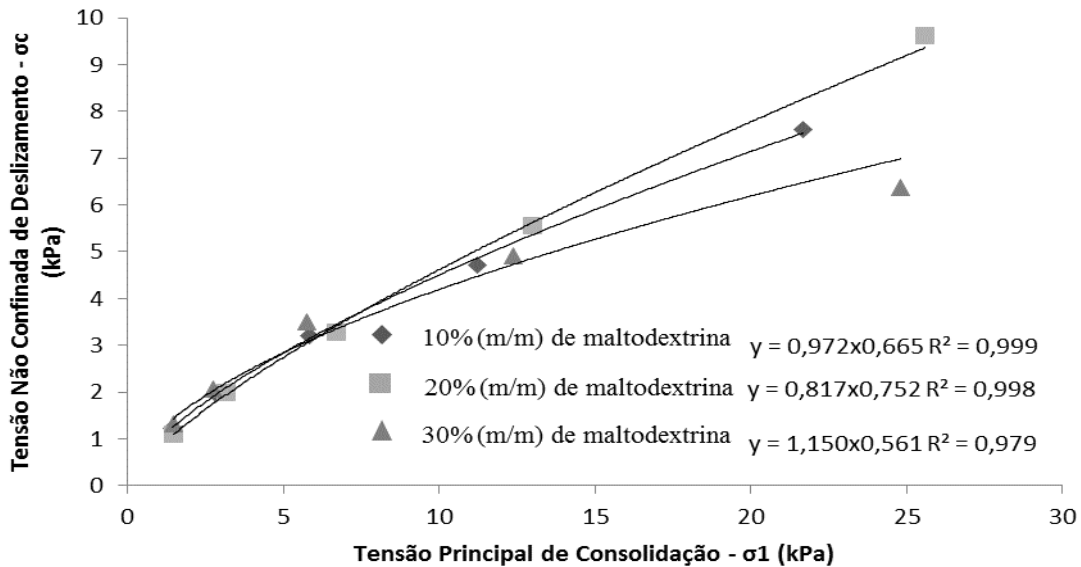


Fonte: Elaborado pela autora.

Até a tensão principal de consolidação de, aproximadamente 5kPa, a amostra com 20% de maltodextrina apresentou uma maior inclinação na função fluxo (tensão principal de consolidação dividida pela tensão não confinada de deslizamento), apresentando assim uma maior coesão, após esse ponto, o índice de fluidez foi diretamente proporcional as concentrações de maltodextrina, obtendo uma maior fluidez o pó mais próximo a linha horizontal do gráfico, sendo a amostra com 30% de maltodextrina.

Segundo Lopes Neto e colaboradores (2007), já era esperado, esse resultado com a maior concentração de maltodextrina, devido a maltodextrina ser um agente carreador, contendo um fluxo de maior facilidade.

Gráfico 2 - Tensão não confinada de deslizamento em função da tensão principal de consolidação para a polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina.



Fonte: Elaborado pela autora.

No gráfico 2 os pós da variedade Keitt apresentaram similaridade na inclinação na função fluxo, se mantendo assim até a tensão principal de consolidação chegar a valores acima de, aproximadamente 6 kPa, onde o pó com concentração de 20% de maltodextrina se sobressaiu, mostrando uma maior coesividade, enquanto a curva do pó com 30% de maltodextrina se mostrou com uma escoabilidade mais fácil, sendo o pó com 10% de maltodextrina intermediário aos outros no quesito coesão.

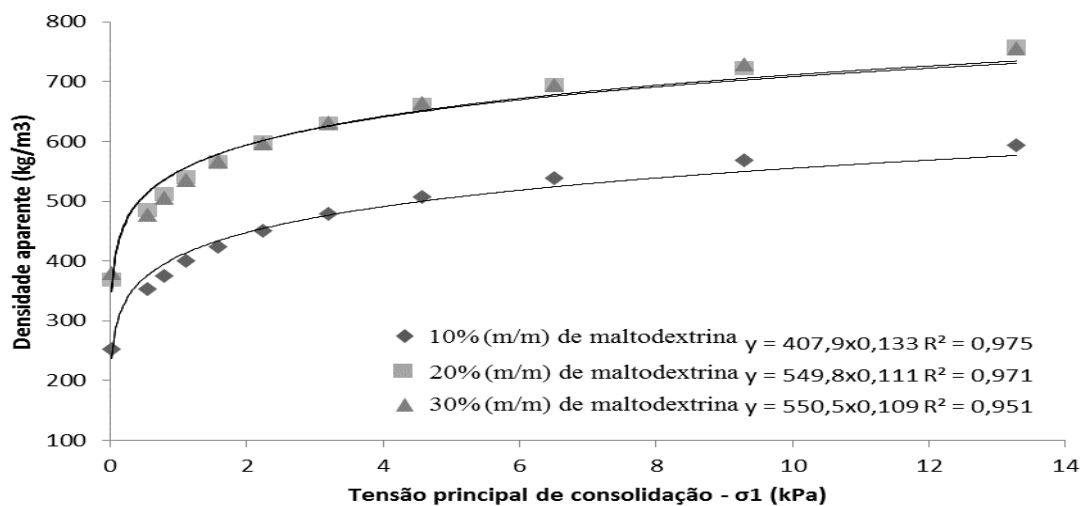
As equações apresentadas no gráfico 2 obtiveram coeficiente de determinação (R^2) de 0,999, 0,998 e 0,979 para os pós com concentração de 10, 20 e 30% de maltodextrina respectivamente.

Laksmy, Chitra e Rajendran (2015) encontraram resultados semelhantes, para polpa de jamelão com 25% de maltodextrina, mostrando também ser uma polpa com fluxo coesivo e com baixa capacidade de fluidez.

Densidade aparente

A densidade aparente é dada em função da tensão principal de consolidação (σ_1), através do equipamento *Powder Flow Tester* (PFT). A densidade aparente não leva em consideração a porosidade do material representando a massa da amostra por unidade de volume aparente, incluindo o volume entre os poros segundo Mohsenin (1986).

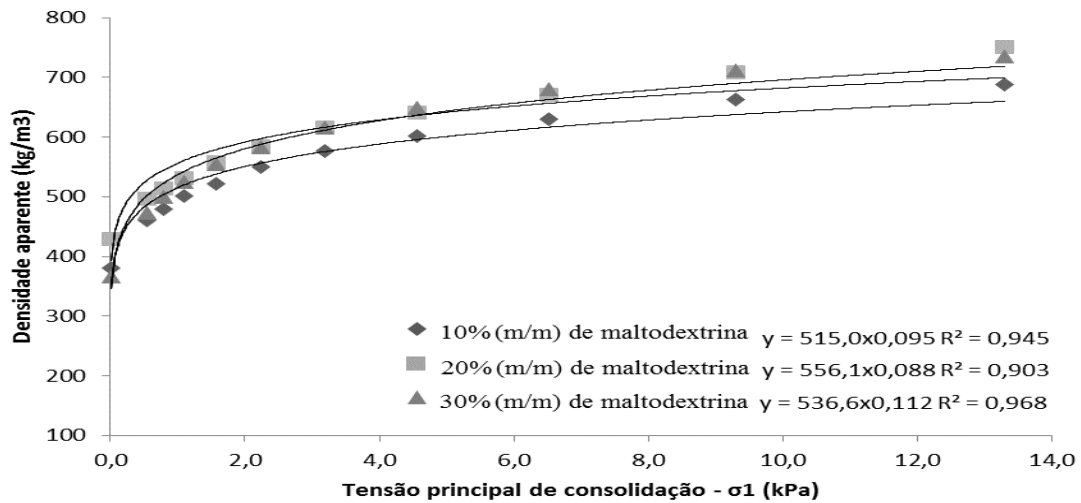
Gráfico 3 - Densidade aparente da polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, em função da tensão principal de consolidação.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nos gráficos fica evidente que quanto maior a concentração de maltodextrina, maior a densidade aparente. No gráfico 3, podemos perceber que os pós com concentração de 20 e 30% de maltodextrina obtiveram densidades aparentes maiores e muito parecidas, enquanto a densidade aparente do pó com 10% de maltodextrina foi menor. No gráfico 4, as densidades aparentes de todos os pós foram parecidas, porém, no outro gráfico 3 o pó com 10% de maltodextrina apresentou um menor valor.

Gráfico 4 - Densidade aparente da polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, em função da tensão principal de consolidação.



Fonte

: Elaborado pela autora.

Quanto mais poroso é o pó, menor sua densidade, a adição de maltodextrina auxilia na obtenção de um pó mais liso, tendo assim menos espaços vagos entre os poros. Os espaços vazios entre os poros favorecem a absorção de água pela matriz polimérica, resultando em um pó com uma maior umidade, formando aglomerados (JEONG, 1997).

Santos, Condotta e Ferreira (2016) relataram em um estudo de propriedades de fluxo em diferentes açúcares que o açúcar de confeitaria, que é o açúcar que possui uma menor granulometria, obteve o menor valor de densidade aparente, atribuindo esse comportamento ao incremento de forças coesivas, que são inversamente proporcionais ao tamanho das partículas, resultando em uma maior higroscopicidade e formação de aglomerados.

Ângulo de atrito interno com as paredes

O ângulo de atrito interno com as paredes (ϕ_w) mede o ângulo de atrito do pó com as paredes do sistema de confinamento. Essa medida depende da rugosidade do pó, da forma, do tamanho e da interação entre as partículas, quanto maior o ângulo de atrito entre as paredes, mais difícil é o movimento do pó ao longo da parede (JULIANO; BARBOSA-CÁNOVAS, 2010).

Segundo Iqbal e Fitzpatrick (2006), o ângulo tende a aumentar com a diminuição do tamanho das partículas, quanto maior o ângulo, mais difícil é a movimentação do pó nas paredes, destacando a importância dos testes de atrito com as paredes para diversas condições de armazenamento para avaliar se os silos estão projetados da maneira correta para uma melhor escoabilidade.

Pode ser observado na tabela 11, que descreve os resultados da variedade Kent, que do pó com 10% de maltodextrina para o pó com 20% de maltodextrina houve um aumento nos ângulos inferiores e superiores, baixando seus valores com o pó com concentração de 30% de maltodextrina, pois aumentando a concentração para 30, os pós precisam de um ângulo menor para seu deslizamento, o que é apreciável em silos.

Tabela 11 - Ângulo de atrito com as paredes, da polpa em pó de polpa de manga da variedade Kent com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina.

| Amostras | Ângulo de atrito com a parede ϕ (°) | |
|-----------------|--|-----------------|
| | Inferior | Superior |
| 10% | 29,4 | 39,3 |
| 20% | 33,4 | 48,6 |
| 30% | 29,0 | 35,5 |

Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 12, que apresenta os resultados da variedade Keitt, os valores foram regredindo de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina, menos no caso do valor inferior entre os pós com 20 e 30% de maltodextrina, observando-se um leve aumento de valor.

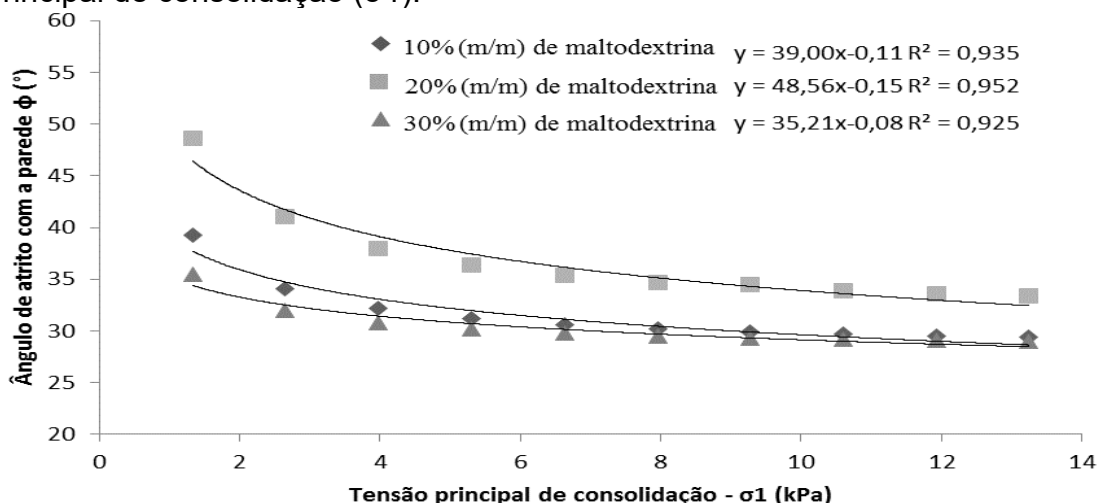
Tabela 12 - Ângulo de atrito com as paredes, da polpa em pó de polpa de manga da variedade Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina.

| Amostras | Ângulo de atrito com a parede ϕ (°) | |
|----------|--|----------|
| | Inferior | Superior |
| 10% | 29,0 | 39,6 |
| 20% | 28,5 | 35,6 |
| 30% | 28,7 | 35,4 |

Fonte: Elaborado pela autora.

No gráfico 5, foi observado que o pó com 20% de maltodextrina obteve o maior ângulo de atrito entre as paredes em função da tensão principal de consolidação, mostrando que, nesse caso, quem apresentou maior adesão as superfícies foi o pó com 20% de maltodextrina, o que pode ser relacionado as interações entre as partículas, o encapsulamento do agente carreador e o tamanho delas. Os pós com 10 e 30% de maltodextrina obtiveram curvas semelhantes, se aproximando mais com o aumento da força aplicada. As curvas do gráfico 5 obtiveram altos coeficientes de determinação (R^2) com valores de 0,935, 0,952 e 0,925 para os pós com 10, 20 e 30% de maltodextrina, respectivamente.

Gráfico 5 - Ângulo de atrito com as paredes, das polpas em pó de manga da variedade Kent com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, em função da tensão principal de consolidação (σ_1).

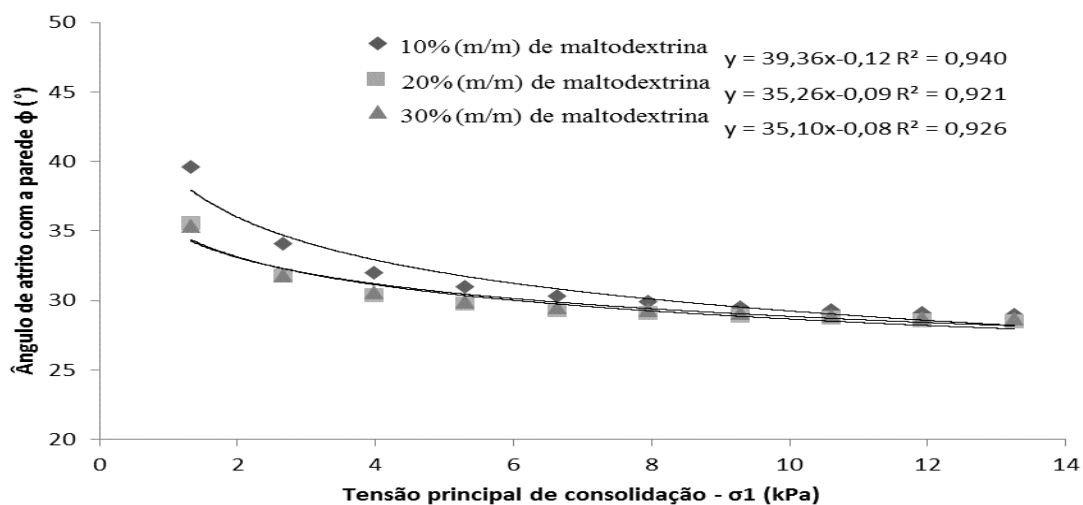


Fonte: Elaborado pela autora.

No gráfico 6, as curvas dos pós com 20 e 30% de maltodextrina mostraram-se extremamente semelhantes, se diferenciando da curva do pó com 10% de

maltodextrina que obteve valores maiores de angulação. Quanto maior a tensão principal de consolidação mais semelhantes foram as curvas. Com coeficientes de determinação (R^2) de 0,940, 0,921 e 0,926 para os pós com 10, 20 e 30% de maltodextrina, respectivamente, podemos dizer que os valores foram altos, aumentando a confiabilidade.

Gráfico 6 - Ângulo de atrito com as paredes, das polpas em pó de manga da variedade Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina, em função da tensão principal de consolidação (σ_1).



Fonte: Elaborado pela autora.

Oliveira e colaboradores (2014) estudando sobre pós de *Coffea arábica* e *Coffea canephora* encontraram valores de ângulos de atrito com as paredes, superiores de 31° e $41,2^\circ$ e inferiores de $27,8^\circ$ e $34,2^\circ$, respectivamente, atribuindo esses valores a redução de água nas partículas, o que é um dos motivos para o aumento da coesão no pó. Lopes Neto, Nascimento e Lopes (2012) estudaram os modelos de previsão de fluxo para grãos de milho, feijão, farelos de milho e farelos de soja, relatando ângulos inferiores de $13,2^\circ$, $14,9^\circ$, 23° e $23,4^\circ$ e ângulos superiores de $15,8^\circ$, $15,6^\circ$, $23,9^\circ$ e 25° , respectivamente.

5.6 Potencial zeta dos pós de manga

O potencial zeta define o potencial eletro cinético em sistemas coloidais, o que influencia diretamente na vida de prateleira do material, pois indica o grau de repulsão entre as partículas.

A maior parte dos produtos particulados adquire uma carga elétrica superficial gerada devido a dissociação de grupos iônicos. Quanto mais próximo de zero é o valor de potencial zeta maior a atração entre as partículas, formando aglomerados, quando mais positivo e mais negativo o valor, maior estabilidade pois há uma maior repulsão entre as partículas (SHAW, 1995).

O estudo do potencial zeta é mais voltado a biofilmes, indústria farmacêutica, materiais de construção e embalagens, porém, ao decorrer de alguns anos esta análise está sendo utilizada em outros materiais, principalmente alimentícios, afim de se conhecer melhor as interações entre os particulados e usar estes resultados para um melhor aproveitamento de produtos.

Os pós de polpa de manga apresentaram resultados que diferiram significativamente entre as concentrações de maltodextrina, mostrando que quanto maior a concentração de maltodextrina na amostra maior a presença de ânions e menor o valor de potencial zeta, levando a uma menor aglomeração e a uma maior estabilidade dos pós (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores do potencial zeta para as polpas em pó de polpa de manga das variedades Kent e Keitt com adição de 10, 20 e 30% de maltodextrina nas soluções.

| [] MD | Kent (mV) | Keitt (mV) |
|--------|---------------------------|---------------------------|
| 10% | -13,6 ^a ± 0,50 | -15,3 ^b ± 0,46 |
| 20% | -14,1 ^a ± 0,57 | -16,2 ^b ± 0,12 |
| 30% | -15,3 ^a ± 0,50 | -16,9 ^b ± 0,06 |

Fonte: Elaborado pela autora. []MD- concentração de maltodextrina. Valores médios seguidos da mesma letra na linha não diferem entre si com $p < 0,05$ pelo teste de Tukey.

De acordo com Lorevice, De Moura e Mattoso (2014), com valores de potencial zeta em módulo entre 10 e 30 mV, o material estudado se enquadra como tendo uma instabilidade iniciante.

Melo, Aouada e Moura (2017), trabalhando com filmes bionanocompósitos a base de polpa de cacau obtiveram resultado médio de 30mV, obtiveram um material um pouco mais estável do que o encontrado nesta pesquisa. Neta e colaboradores

(2015) encontraram valores de 27,6 mV a 34,2 mV para polpa de graviola adicionada de éster de sacarose para um estudo de estabilidade da polpa. As cargas positivas ou negativas do potencial zeta mostram se há uma maior concentração de íons positivos ou negativos na amostra, não influenciando no grau de aglomeração.

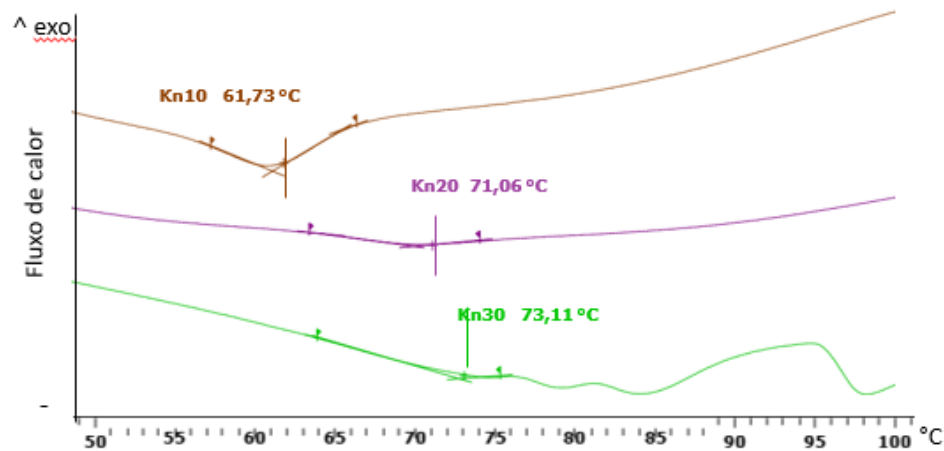
5.7 Transição vítrea

Podemos observar nos gráficos 7 e 8 os valores gerados através da análise de colorimetria exploratória diferencial (DSC), em função da temperatura e do fluxo de calor, as temperaturas de transição vítrea para as duas variedades de manga, e para as três concentrações de maltodextrina em cada variedade.

Produtos alimentícios que passam por secagem normalmente apresentam matriz molecular amorfa, resultado de uma remoção rápida e em altas temperaturas da água presente no alimento analisado. Abaixo da temperatura de transição vítrea a conformação das moléculas é rígida, não tendo muita mobilidade, que caracteriza o estado vítreo, quando a temperatura ultrapassa a temperatura de transição vítrea as moléculas do material se tornam mais maleáveis e com uma maior cinética, o que torna o material borrachudo (BHANDARI, 2007).

No Gráfico 7 temos curvas em função do fluxo de calor e da temperatura, podemos perceber que todas as curvas são endotérmicas, ou seja, estão absorvendo calor. A temperatura de transição vítrea é diretamente proporcional a concentração de maltodextrina, sendo de 61,73°C, 71,06°C e 73,11°C para os pós com 10%, 20% e 30% de maltodextrina respectivamente.

Gráfico 7 - Curvas de transição vítrea em função do fluxo de calor e da temperatura para a polpa de manga em pó da variedade Kent, com 10%, 20% e 30% de maltodextrina.

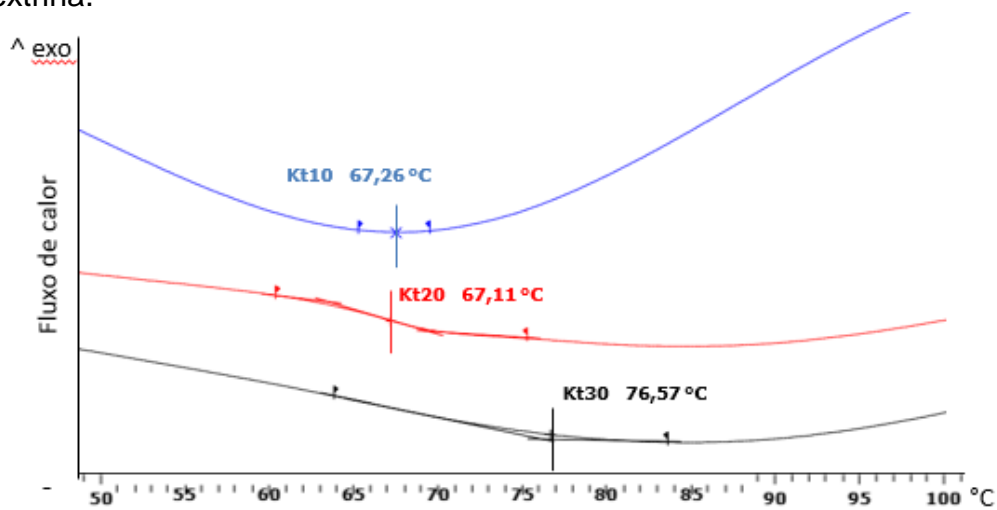


Fonte: Elaborado pela autora. Sendo Kn10 – Variedade Kent com 10% de maltodextrina, Kn20 – Variedade Kent com 20% de maltodextrina e Kn30 – Variedade Kent com 30% de maltodextrina.

Na secagem por aspersão, a coesão entre as partículas e das partículas com as paredes é um dos principais problemas, influenciando na qualidade do pó e no seu rendimento, esta coesão ocorre quando o produto passa pela transição vítrea. A adição da maltodextrina torna as moléculas do produto maiores e mais pesadas, o que retarda a transição do estado vítreo para o gomoso, facilitando a fluidez do pó aumentando seu rendimento e sua qualidade (CHEN; OZKAN, 2007).

No gráfico 8 estão apresentadas três curvas endotérmicas, sendo que, diferente do gráfico 1, as curvas com 10% e 20% de maltodextrina tem quase a mesma temperatura de transição vítrea, sendo a de 20% ainda menor que a de 10%. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que a amostra não estava bem homogeneizada.

Gráfico 8 - Curvas de transição vítrea em função do fluxo de calor e da temperatura para a polpa de manga em pó da variedade Keitt, com 10%, 20% e 30% de maltodextrina.



Fonte: Elaborado pela autora. Sendo Kt10 – Variedade Keitt com 10% de maltodextrina, Kt20 – Variedade Keitt com 20% de maltodextrina e Kt30 – Variedade Keitt com 30% de maltodextrina.

De acordo com Ross e Karel (1991), a temperatura de transição vítrea da glicose é de 31°C, da frutose é de 5°C e da sacarose 62°C, Tonon *et al.*, (2009) encontrou valores de 26°C a 28°C para manga sem adição de agentes carreadores, mostrando que a polpa de manga tem açúcares e ácidos orgânicos com baixa temperatura de transição vítrea, dependendo assim da adição de um agente carreador.

5.8 Isotermas

Embora existam várias equações teóricas, semi empíricas e empíricas, tenham sido propostas para calcular a umidade de equilíbrio (X_m), nenhuma equação é capaz de prever exatamente o valor desta umidade em uma gama ampla de temperaturas, mas são as que mais se aproximam do resultado final em alimentos (BROOKER *et al.*, 1974).

A tabela 14 apresenta os dados experimentais dos modelos matemáticos GAB, BET, Henderson e Oswin, tendo os modelos apresentando bom ajuste, com exceção do modelo BET, que apresentou erros médios com muitos valores acima de 10%, geralmente é considerado um modelo com ajuste adequado quando o mesmo

apresenta valores de erro médios menores que 10% (OLIVEIRA; COSTA; AFONSO, 2014; LOMAURO *et al.*, 1984).

Para o estudo da termodinâmica de alimentos, é bom compreender que existem três tipos de água no alimento, são elas água absorvida, água da monocamada e a água da multicamada, os modelos GAB e BET tem seus modelos matemáticos em função da umidade de equilíbrio da monocamada (X_m), que indica a quantidade de água fortemente adsorvida, formando uma camada monomolecular na superfície do alimento, a umidade desta camada quando em equilíbrio proporciona ao alimento uma maior estabilidade, podendo ajudar na caracterização do produto, estimar sua vida de prateleira e a melhor embalagem a ser utilizada para seu armazenamento (RIZVI, 1995).

Neste estudo, o modelo GAB apresentou o melhor ajuste para a polpa em pó de manga da variedade Kent, obtendo valores de erros médios (E) entre 2,65% e 7,56%, com coeficiente de determinação (R^2) variando entre 0,9933 e 0,9989.

Neste modelo podemos perceber que a umidade de equilíbrio (X_m) diminui à medida que se aumenta a temperatura, dando destaque a polpa em pó com 10% de maltodextrina que teve uma maior diferença entre suas temperaturas, indo de 0,3697 a 0,1411. De acordo com Rizvi (1995), esta diminuição ocorre pela redução do número de zonas ativas, como resultado de mudanças químicas e físicas induzidas pela mudança de temperatura.

Tabela 14 - Dados das isotermas dos modelos GAB, BET, Henderson e Oswin para as temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C nas amostras de polpa em pó de manga da variedade Kent com concentração de 10%, 20% e 30% de maltodextrina.

| Modelos | Parâmetros | 10% maltodextrina | | | | 20% maltodextrina | | | | 30% maltodextrina | | | |
|-----------|----------------|-------------------|---------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|
| | | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C |
| GAB | X _m | 0,3697 | 0,1569 | 0,1199 | 0,1411 | 0,0843 | 0,0666 | 0,0755 | 0,0866 | 0,1877 | 0,2872 | 0,0828 | 0,1044 |
| | C | 0,5641 | 1,1414 | 1,8946 | 1,6299 | 2,5241 | 4,785 | 3,5459 | 2,573 | 0,8088 | 0,6499 | 2,9439 | 1,7312 |
| | K | 0,7062 | 0,8524 | 0,8933 | 0,8661 | 0,9731 | 1,0254 | 0,9917 | 0,9816 | 0,8258 | 0,7566 | 0,9775 | 0,9405 |
| | R ² | 0,9985 | 0,9981 | 0,9989 | 0,9968 | 0,9982 | 0,9988 | 0,9983 | 0,9982 | 0,9933 | 0,9946 | 0,9989 | 0,9962 |
| | E(%) | 4,31 | 3,87 | 2,65 | 3,37 | 4,36 | 4,42 | 3,38 | 4,35 | 7,56 | 5,58 | 4,54 | 5,45 |
| BET | X _m | 88,553 | 53,0598 | 1,4307 | 2,2368 | 4,7113 | 7,6827 | 13,712 | 5,7818 | 15,4948 | 19,229 | 9,5061 | 1,8805 |
| | C | 0,0015 | 0,0023 | 0,0927 | 0,0619 | 0,5033 | 0,0694 | 0,4625 | 0,5069 | 0,0469 | 0,4926 | 0,4807 | 0,7307 |
| | n | 1,9245 | 1,8905 | 1,8784 | 1,896 | 0,9938 | 0,9994 | 0,9975 | 0,9946 | 0,9996 | 0,9983 | 0,9965 | 0,9939 |
| | R ² | 0,9969 | 0,9971 | 0,9981 | 0,9963 | 0,9775 | 0,9895 | 0,9802 | 0,9811 | 0,9407 | 0,9393 | 0,9772 | 0,9713 |
| | E(%) | 4,82 | 4,03 | 4,63 | 4,2 | 19,65 | 14,72 | 19,49 | 17,88 | 22,7 | 23,43 | 18,74 | 19,39 |
| HENDERSON | a | 0,8901 | 0,8272 | 0,8579 | 0,8803 | 0,7308 | 0,6871 | 0,7319 | 0,7381 | 3,8485 | 0,8398 | 0,7767 | 0,7583 |
| | b | 4,0484 | 3,8405 | 3,9752 | 3,9451 | 3,4697 | 3,2351 | 3,4739 | 3,3577 | 0,7998 | 3,7872 | 3,6428 | 3,5268 |
| | R ² | 0,9977 | 0,9977 | 0,998 | 0,9964 | 0,9941 | 0,9887 | 0,9918 | 0,9938 | 0,9932 | 0,9945 | 0,9948 | 0,9943 |
| | E(%) | 3,98 | 4,97 | 5,31 | 4,38 | 11,12 | 14,9 | 11,49 | 8,92 | 7,45 | 5,19 | 7,43 | 9,56 |
| OSWIN | a | 0,1408 | 0,1301 | 0,1333 | 0,1399 | 0,1153 | 0,1103 | 0,1147 | 0,1207 | 0,1217 | 0,1339 | 0,1192 | 0,1205 |
| | b | 0,6486 | 0,6964 | 0,6785 | 0,6728 | 0,7849 | 0,8513 | 0,7907 | 0,7995 | 0,7153 | 0,7055 | 0,7709 | 0,7738 |
| | R ² | 0,9918 | 0,9951 | 0,9976 | 0,9947 | 0,9981 | 0,9966 | 0,9977 | 0,998 | 0,9894 | 0,991 | 0,9988 | 0,9958 |
| | E(%) | 9,15 | 6,2 | 3,86 | 6,1 | 4,73 | 7,95 | 5,25 | 3,92 | 10,44 | 10,09 | 4,19 | 6,31 |

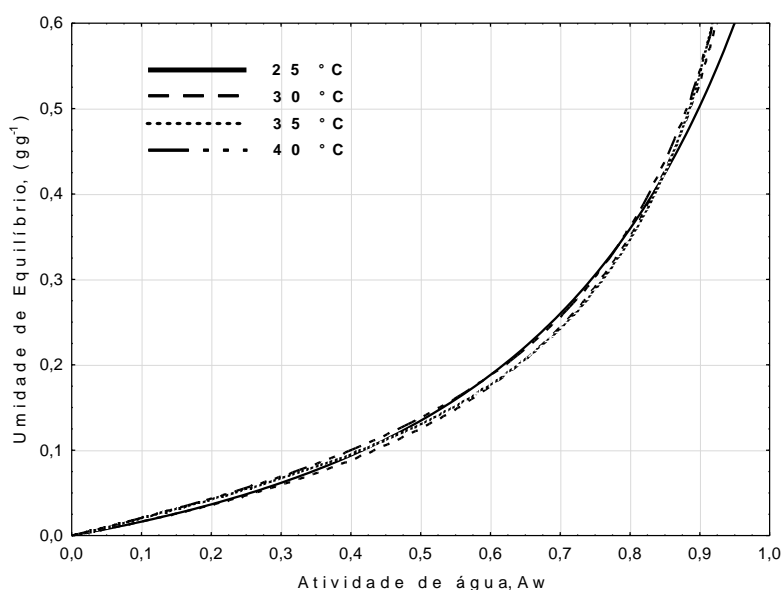
Fonte: Elaborada pela autora. X_m- Conteúdo de água na monocamada molecular; C- Constante relativa ao calor total de sorção da primeira camada; K- Constante de GAB relativa as multicamadas; n- Constante de BET relativa as multicamadas; a e b- Parâmetros de ajuste para os modelos Henderson e Oswin; R²- Coeficiente de determinação; E%- Erro médio relativo em porcentagem.

A constante K no modelo GAB representa a medida de interações entre as moléculas do adsorvato com o adsorvente, de acordo com Goula (2008), os valores de K devem ser menores que 1. Pode ser observado na tabela acima que o único valor de K que está acima de 1 é o do pó com 20% de maltodextrina na temperatura de 30°C.

O C no modelo GAB ajuda na predição do modelo da curva da isoterma, segundo Gogus, Maskan e Kaya (1998), valores de C menores que 10 indicam curvas do tipo III, sendo estas no formato de J.

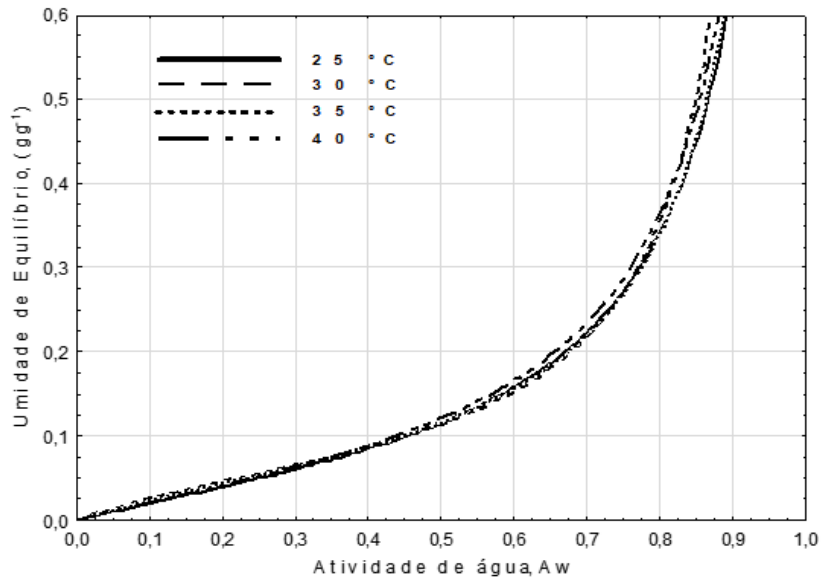
A relação entre a umidade relativa de equilíbrio e a atividade de água, a uma temperatura determinada pode ser expressa por meio de curvas que podem ser de adsorção e/ou dessorção, chamadas de isotermas (RESENDE *et al.*, 2006).

Gráfico 9 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 10% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C.



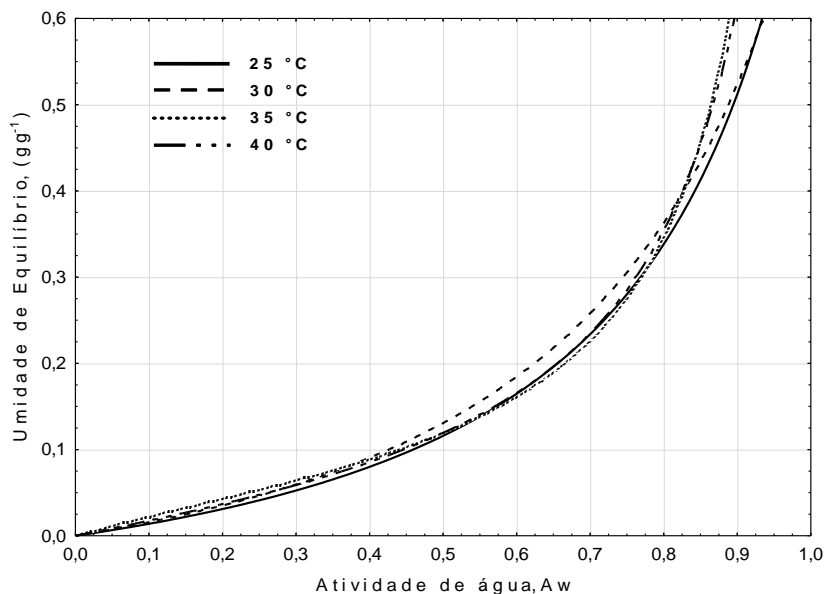
Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 10 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 20% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C.



Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 11 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Kent com adição de 30% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C.



Fonte: Elaborada pela autora.

Os gráficos 9, 10 e 11 são do tipo III, que representam materiais com pouca superfície de contato e não porosos, característica típica de pós, de acordo com Brunauer *et al.* (1940). Este comportamento também foi visto por Moura Neto *et al.*

(2015), para a polpa de cajá em pó e por Ribeiro, Costa e Afonso (2016) com polpa de acerola em pó.

Podemos observar nos três gráficos do pó de manga da variedade Kent que, até atividade de água 0,4 há um pequeno aumento na umidade de equilíbrio com um grande aumento da atividade de água, a partir desse ponto o material começa a aumentar sua absorção de água, aumentando sua umidade.

No gráfico 9, no ponto de atividade de água 0,8 vemos que a curva de 25°C começa a ficar mais horizontal, também podemos ver isso nas outras curvas, este fenômeno pode ser atribuído a solubilização dos açúcares simples e de alguns ácidos orgânicos, como relatado por Romero *et al.* (2005) e Pérez Alonso e colaboradores (2006).

Normalmente em polpas de frutas em pó esse comportamento descrito acima é normal, como foi visto por Rocha *et al.* (2014) no estudo de polpa de manga em pó obtida por aspersão e Santos *et al.* (2014) no estudo com polpa de uva seca em spray dryer.

Na tabela 15 estão apresentados os dados dos modelos matemáticos GAB, BET, Henderson e Oswin, para polpa de manga em pó da variedade Keitt com concentrações de 10%, 20% e 30% de maltodextrina. O modelo escolhido foi o GAB se baseando pelo R^2 e pelo E%.

Bezerra e colaboradores (2011) observou que o modelo GAB é o que melhor se ajusta aos dados experimentais, sendo um modelo que trabalha muito bem na faixa de atividade de água de 0,1 a 0,9, e normalmente tem o valor de erro médio baixo e o valor de R^2 os mais próximos a 1, o que também foi constatado por Paglarini *et al.* (2013).

Podemos perceber que com o aumento da temperatura é diretamente proporcional ao aumento do X_m no modelo GAB, está é a camada primária dos alimentos, e a umidade presente nela influencia na higroscopicidade, o que pode explicar o aumento da umidade, à medida que a temperatura aumenta, a afinidade pelas moléculas de água também aumenta (CASTRO, 2003).

Os valores de X_m identificam os valores iniciais de umidade no alimento para que se iniciem as reações químicas que podem gerar deterioração nos alimentos (JENSEN *et al.*, 2009).

Tabela 15 - Dados das isotermas dos modelos GAB, BET, Henderson e Oswin para as temperaturas 25, 30, 35 e 40°C nas amostras de polpa de manga em pó da variedade Keitt, nas concentrações com 10%, 20% e 30% de maltodextrina.

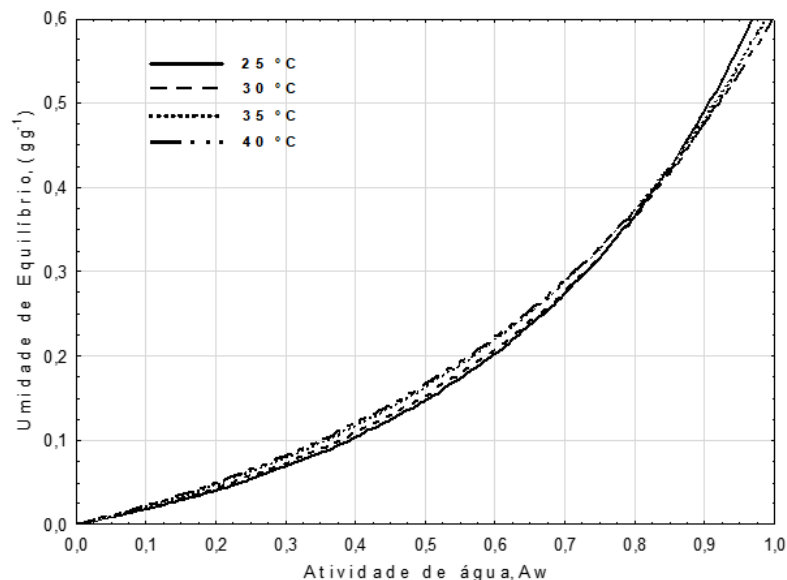
| Modelos | Parâmetros | 10% maltodextrina | | | | 20% maltodextrina | | | | 30% maltodextrina | | | |
|-----------|----------------|-------------------|---------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|
| | | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C | 25°C | 30°C | 35°C | 40°C |
| GAB | X _m | 14,815 | 19,8574 | 28,381 | 28,338 | 0,4818 | 5,777 | 22,155 | 24,46 | 5,4631 | 12,074 | 14,361 | 17,166 |
| | C | 0,0225 | 0,0198 | 0,0116 | 0,0181 | 0,5086 | 0,0572 | 0,0171 | 0,0188 | 0,0447 | 0,0221 | 0,0197 | 0,019 |
| | K | 0,5015 | 0,4642 | 0,4334 | 0,4119 | 0,658 | 0,5095 | 0,4794 | 0,4389 | 0,5701 | 0,5479 | 0,5479 | 0,512 |
| | R ² | 0,9968 | 0,9935 | 0,9808 | 0,9712 | 0,9963 | 0,9913 | 0,9774 | 0,9618 | 0,9989 | 0,9965 | 0,9851 | 0,9722 |
| | E(%) | 2,97 | 5,51 | 8,65 | 9,9 | 3,1 | 4,2 | 8,74 | 10,71 | 3,75 | 5,86 | 8,57 | 12,4 |
| BET | X _m | 13,9157 | 13,4408 | 13,454 | 13,376 | 0,0674 | 13,831 | 14,963 | 15,532 | 23,8245 | 85,32 | 17,623 | 14,401 |
| | C | 0,0108 | 0,0118 | 0,0126 | 0,0128 | 0,137 | 0,011 | 0,0138 | 0,0146 | 0,03749 | 0,0975 | 0,4871 | 1,0556 |
| | N | 1,9491 | 1,9676 | 1,9799 | 1,9846 | 1,4109 | 1,9516 | 1,9623 | 1,9754 | 0,9996 | 0,9996 | 0,9981 | 8,1059 |
| | R ² | 0,9951 | 0,9916 | 0,9799 | 0,9714 | 0,9712 | 0,9892 | 0,9757 | 0,9616 | 0,9097 | 0,8835 | 0,8799 | 0,9738 |
| | E(%) | 5,34 | 6,49 | 9,86 | 10,29 | 15,97 | 6,59 | 10,52 | 11,21 | 28,36 | 30,61 | 27,91 | 12,39 |
| HENDERSON | A | 0,9484 | 1,0074 | 1,0405 | 1,0684 | 0,9198 | 0,9561 | 0,9724 | 1,0262 | 0,8783 | 0,9017 | 0,8969 | 0,9382 |
| | B | 4,1965 | 4,5083 | 4,5334 | 4,6728 | 4,0791 | 4,2268 | 4,1692 | 4,3911 | 3,966 | 4,0487 | 3,9025 | 4,0474 |
| | R ² | 0,9943 | 0,9891 | 0,9735 | 0,9644 | 0,9955 | 0,9884 | 0,9729 | 0,9571 | 0,9979 | 0,9943 | 0,9829 | 0,9695 |
| | E(%) | 5,05 | 6,49 | 11,2 | 12,55 | 3,87 | 6,6 | 10,83 | 13,08 | 4,05 | 6,4 | 8,46 | 11,97 |
| OSWIN | A | 0,1516 | 0,1579 | 0,1662 | 0,1686 | 0,1473 | 0,1532 | 0,1599 | 0,1663 | 0,1406 | 0,1449 | 0,1485 | 0,1549 |
| | B | 0,6191 | 0,5766 | 0,5595 | 0,5486 | 0,64 | 0,6092 | 0,6028 | 0,5758 | 0,6575 | 0,6365 | 0,6497 | 0,6219 |
| | R ² | 0,9845 | 0,9764 | 0,9563 | 0,9481 | 0,989 | 0,9779 | 0,9595 | 0,9437 | 0,9914 | 0,9856 | 0,9738 | 0,9598 |
| | E(%) | 10,96 | 13,21 | 17,63 | 17,91 | 8,67 | 0,73 | 16,3 | 18,49 | 9,59 | 11,54 | 13,06 | 15,49 |

Fonte: Elaborada pela autora. X_m- Conteúdo de água na monocamada molecular; C- Constante relativa ao calor total de sorção da primeira camada; K- Constante de GAB relativa as multicamadas; n- Constante de BET relativa as multicamadas; a e b- Parâmetros de ajuste para os modelos Henderson e Oswin; R²- Coeficiente de determinação; E%- Erro médio relativo em porcentagem.

Também podemos observar que os valores de C e K são menores que 1, que o erro médio deu abaixo de 10 exceto nas amostras de polpa em pó de manga com 20% de maltodextrina na temperatura de 40°C e o pó com 30% de maltodextrina também na temperatura de 40°C, variando de 2,97 a 12,4 e que o R² variou entre 0,9618 e 0,9989, mostrando que o modelo apresenta uma boa confiabilidade, pois tem seus valores acima de 0,90.

Nos gráficos 12, 13 e 14 são apresentadas as curvas de isotermas das polpas de manga em pó da variedade Keitt, com adição de 10%, 20% e 30% de maltodextrina.

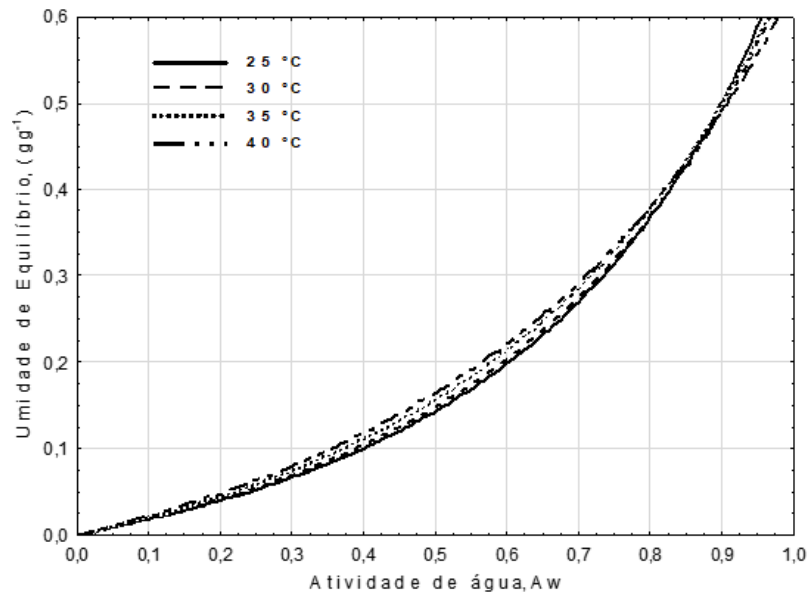
Gráfico 12 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 10% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C.



Fonte: Elaborada pela autora.

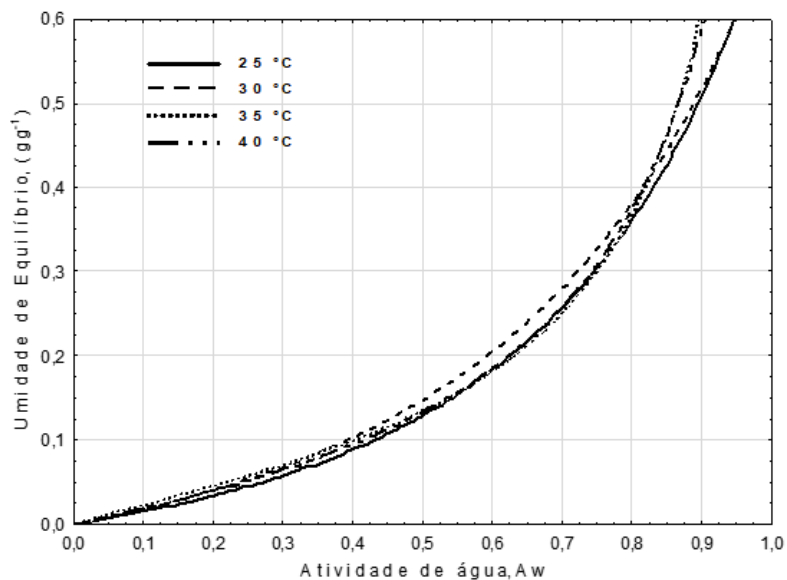
A forma que as curvas de isotermas da variedade Keitt são típicas, para produtos com alto teor de açúcar, o que já era esperado pois além da concentração dos açúcares quando a polpa é seca também ocorreu adição de maltodextrina, que é um açúcar. A interação soluto-solvente em atividade de água abaixo de 0,4 é pequena, pois a umidade do ambiente só é absorvida na camada superficial dos grupos hidroxilas do açúcar, enquanto que a partir da atividade de água 0,4 a adsorção de água é intensificada como podemos ver nos gráficos acima (RODRIGUEZ-BERNAL *et al.*, 2015).

Gráfico 13 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 20% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C.



Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 14 - Isotermas de adsorção da polpa em pó de manga da variedade Keitt com adição de 30% de maltodextrina, seguindo o modelo GAB a 25°C, 30°C, 35°C e 40°C.



Fonte: Elaborada pela autora.

O mesmo comportamento das curvas foi observado por Moreira e colaboradores (2013) em estudo com polpa de manga em pó e em Pedro e colaboradores (2010) que estudaram polpa em pó de maracujá.

Nos três gráficos há uma superposição das curvas quando a atividade de água está entre 0,8 e 0,9 aproximadamente, nos gráficos de 10 e 20% de maltodextrina a curva de 25 °C fica na parte superior dos gráficos, já no gráfico de 30% de maltodextrina de 35 e 40 °C que ficam na parte superior do gráfico, uma superposição similar foi observada por Moura Neto e colaboradores (2015) que estudaram polpa de cajá em pó.

5.9 Caracterização das polpas de manga em pó

Após a definição do melhor tratamento, com 30% de maltodextrina, foi feita a caracterização, das amostras das polpas de manga das variedades Kent e Keitt, cujo os resultados estão apresentados na tabela 16 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a seguir.

Tabela 16 - Caracterização físico-química e física das polpas de manga em pó das variedades Kent e Keitt.

| Análises | Polpa em pó Kent | Polpa em pó Keitt |
|---|----------------------------|----------------------------|
| Umidade (%) | 2,26 ^b ± 0,01 | 2,62 ^a ± 0,02 |
| Atividade de água (Aw) | 0,14 ^b ± 0,00 | 0,20 ^a ± 0,01 |
| pH | 4,30 ^b ± 0,01 | 4,93 ^a ± 0,03 |
| Sólidos solúveis (° brix) | 88,00 ^a ± 0,0 | 89,00 ^a ± 0,0 |
| Acidez total titulável (% ác.cítrico) | 0,83 ^a ± 0,0 | 0,82 ^a ± 0,0 |
| Ácido ascórbico (base seca) (mg/100g) | 250,18 ^a ± 0,02 | 246,67 ^b ± 0,25 |
| Cor coordenada L* | 85,68 ^b ± 0,16 | 95,47 ^a ± 0,24 |
| Cor coordenada a* | -2,34 ^a ± 0,04 | -2,35 ^a ± 0,01 |
| Cor coordenada b* | 13,33 ^b ± 0,02 | 18,42 ^a ± 0,2 |
| Carotenóides totais (base seca) (mg/100g) | 1,10 ^a ± 0,08 | 0,93 ^a ± 0,08 |
| Açúcares totais (%) | 5,74 ^a ± 0,47 | 4,60 ^b ± 0,11 |
| Açúcares redutores (%) | 8,19 ^b ± 1,15 | 10,55 ^a ± 0,72 |
| Solubilidade (base seca) (%) | 98,22 ^a ± 0,09 | 98,87 ^a ± 0,7 |
| Reidratação (minutos) | 263 ^a ± 02" | 265 ^a ± 05" |
| Higroscopicidade (base seca) (g/100 g) | 2,91 ^b ± 0,13 | 3,30 ^a ± 0,20 |
| Grau de caking (%) | 59,11 ^a ± 5,74 | 65,42 ^a ± 9,85 |

Fonte: Elaborada pela autora. Valores médios, na mesma linha, seguidos de letras minúsculas diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Umidade

As polpas em pó de manga das variedades Kent e Keitt apresentaram diferença significativa entre si quanto a umidade, ambas apresentando umidade menor que 25%, que é a umidade limite estipulada pela RDC 272 de 22 de setembro de 2005 para produtos de vegetais e frutas, incluindo produtos que passaram por secagem, estando dentro dos conformes da legislação (BRASIL, 2005).

Em um trabalho feito com polpa de uvaia liofilizada feito por Krumreich e colaboradores (2016), foi encontrado o valor de umidade de 6,03%, na polpa com adição de 10% de maltodextrina. No trabalho de Barroso e colaboradores (2017), foram encontrados valores de umidade de 4,80% para polpa de mangaba com 10% de umidade e 1,22% para polpa de mangaba com 30% de maltodextrina, secas em liofilizador, mostrando que quanto maior a concentração do agente carreador menor a umidade do produto.

Santos e colaboradores (2014) estudaram as características da polpa de goiaba seca em spray dryer com adição de 10% de maltodextrina, encontrando 5,69% de umidade no pó. A umidade baixa é um fator protetor de proliferação de microrganismos que podem ser deteriorantes ou patogênicos.

Atividade de água

No parâmetro atividade de água, os pós das polpas Kent e Keitt diferiram estatisticamente entre si, com valores de 0,14 e 0,20, respectivamente.

A atividade de água está diretamente ligada ao crescimento microbiano, a maioria das bactérias crescem em atividade de água acima de 0,88, a maioria das leveduras e bolores crescem com atividade de água acima de 0,80, e a inibição do crescimento de microrganismos se dá abaixo de 0,60 (CECCHI, 2003).

Em um estudo de secagem de polpas de caju, goiaba, graviola e manga, pelo processo de form-mat, feito por Machado, Gurgel e Medeiros (2015), foram encontradas atividades de água próximas as obtidos no presente trabalho, com resultados de 0,34 para pó de polpa de caju, 0,38 para o pó de polpa de goiaba, 0,26 para pó de polpa de graviola e 0,37 para polpa de manga em pó.

Zotarelli (2014) encontrou valor médio de atividade de água de 0,22 para polpa de manga da variedade Tommy Atkins liofilizada e Agra (2006) encontrou valor médio de 0,34 para pó de manga da variedade Haden.

Alimentos com valores de atividade de água abaixo de 0,3 são considerados seguros pois atingem a zona de absorção primária, onde as moléculas de água que ainda restam no alimento estão intensamente ligadas, sem capacidade de serem utilizadas para o crescimento de microrganismos (CELESTINO, 2010).

A diferença entre os valores encontrados neste e em outros trabalhos pode ocorrer pela variedade da manga, clima, solo e região onde a mangueira foi plantada.

pH

O pH apresentou diferença significativa estatisticamente entre os pós acima citados. Segundo a RDC 272 de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), que estipula a fixação da identidade e as características mínimas de produtos de vegetais e frutas, o pH máximo para produtos em pó de polpa de manga é 4,5, a polpa em pó da variedade Kent está dentro dos parâmetros estipulados, já a polpa em pó da variedade Keitt se mostrou um pouco acima do valor da legislação com o resultado médio de 4,93.

Segundo o trabalho elaborado por Bezerra e colaboradores (2011), que trabalharam com duas variedades de manga, foram obtidos resultados médios de pH abaixo dos obtidos neste trabalho, com pH de 3,44 para polpa em pó de manga da variedade Rosa e 3,80 para polpa em pó de manga da variedade Tommy Atkins.

Gomes, Figueiredo e Queiroz (2002) encontraram valor de 3,82 para o pH de polpa em pó de acerola seca em leite de jorro, Ferreira e colaboradores (2014) encontraram valor médio de pH de 2,81 para polpa em pó de cajá seca em leite de jorro.

Santos e colaboradores (2014) fizeram um estudo com polpa de goiaba em pó seca em secador spray dryer obtendo valor de pH médio de 3,88.

A acidez é um dos parâmetros que podem inibir ou ajudar no crescimento de microrganismos, pois a maioria dos microrganismos deteriorantes crescem a um pH neutro ou levemente ácido ou básico.

Sólidos solúveis

Não houve diferença significativa entre os pós das duas variedades de manga quanto aos sólidos solúveis, como pode ser visto na tabela 14. Por ser um

produto concentrado devido a retirada de água por secagem e a adição de maltodextrina, o pó apresentou uma maior concentração de sólidos.

Santos e colaboradores (2014) estudaram o comportamento higroscópico e as características físico-químicas da polpa em pó de goiaba obtida por aspensão em spray dryer, e obtiveram como resultado médio 93 °Brix. Ferreira e colaboradores (2014) obtiveram resultado médio de 99 °Brix em pó de cajá, ambos os trabalhos obtiveram valores mais altos do que os encontrados no presente trabalho, sendo que frutos diferentes tem diferentes quantidades de sólidos solúveis. Também pode influenciar na diferença da quantidade de sólidos solúveis a maturação do fruto, o cultivar, a variedade e a disponibilidade hídrica.

Acidez total titulável

No parâmetro acidez total titulável dos pós resultantes das secagens das polpas de manga da variedade Kent e Keitt, foram encontrados valores de 0,83% e 0,82% de ácido cítrico, respectivamente, não havendo diferença significativa entre os pós. Ambos os valores foram superiores aos valores encontrados nas polpas in natura, o que já era esperado pois com a retirada de água, devido a secagem da amostra, os ácidos orgânicos foram concentrados.

Machado, Gurgel e Medeiros, 2015 encontraram valor de 1,35% de ácido cítrico para a polpa de manga em pó em um estudo de secagem de frutos tropicais pelo processo de Foam-Mat, mostrando resultado superior ao encontrado no trabalho. A quantidade de ácido cítrico presente nos frutos é diferente, como em Saikia, Mahnot e Mahanta (2015) que estudou polpa de abacaxi em pó com método de secagem similar ao utilizado no presente trabalho e obtiveram acidez de 0,42% e Santos e colaboradores (2017) que estudaram a polpa em pó de pitaya, obtendo o valor de 2,25% de ácido cítrico. A diferença de acidez entre frutos e entre colheitas ocorre em função das características próprias dos frutos até a forma de cultivo, colheita e pós- colheita. O fruto mais verde apresenta uma acidez mais alta, com o amadurecimento alguns ácidos orgânicos são convertidos em açúcares tornando o fruto mais doce (MEDLICOTT; THOMPSON, 1985).

Ácido ascórbico

Os pós de polpa de manga mostraram diferença significativa estatisticamente, na concentração de ácido ascórbico tanto em base seca como em base úmida, tendo sido obtidos valores de 244,56 mg/100 g e 240,30 mg/100 g para o pó da manga Kent em base úmida e seca, respectivamente, e 250,18 mg/100 g e 246,67 mg/100 g para o pó da manga Keitt em base úmida e seca, respectivamente. Devido sua elevada sensibilidade, o ácido ascórbico é facilmente degradado por altas temperaturas. Podemos perceber que a degradação da vitamina C ficou perto de 50% se compararmos as concentrações de ácido ascórbico das soluções (polpa + água + maltodextrina) antes da secagem e dos pós depois da secagem.

Bezerra e colaboradores (2011) encontraram valores médios de ácido ascórbico em pós de manga da variedade Rosa e Tommy Atkins de 76,57 mg/100 g e 36,22 mg/100 g respectivamente. As polpas de manga do trabalho citado foram submetidas a secagem em estufa a 61°C por 18 horas, com temperatura não muito alta, porém com um tempo extenso de secagem da polpa, uma degradado o ácido ascórbico, percebendo assim que os dados encontrados apresentam valores inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Valor próximo aos encontrados neste trabalho foram relatados em Rocha e colaboradores (2014), que apresentaram valor de 282,67 mg/100 g em secagem de polpa de caju com adição de 30% de maltodextrina em spray dryer.

A maltodextrina influencia diretamente na proteção da vitamina C, funcionando como barreira para as altas temperaturas pela sua capacidade de encapsulação. Podemos ver no trabalho de Lancha e colaboradores (2012) que a secagem com adição de 10% de maltodextrina de polpa de pitanga conseguiu valor médio de 702,62 mg/100 g de ácido ascórbico, também utilizando spray dryer, mostrando resultado superior aos resultados obtidos nesta pesquisa.

Cor

Os resultados do parâmetro cor foram para o pó da polpa Kent L^* 85,68, a^* -2,34 e b^* 13,33, enquanto os para o pó da polpa Keitt foram L^* 95,47, a^* -2,35 e b^* 18,42. As coordenadas L^* e b^* apresentaram diferença significativa entre si, a coordenada a^* não apresentou diferença significativa.

Observando o espectro de cor, podemos perceber que os pós apresentaram uma alta luminosidade com coloração tendendo ao verde pelo valor negativo de a^* e tendendo ao amarelo pelo valor positivo de b^* .

A luminosidade alta se deve tanto a degradação de alguns pigmentos durante a secagem quanto a adição da maltodextrina que é de cor branca e influencia diretamente na coloração final do produto (NOBREGA *et al.*, 2015).

Zotarelli e colaboradores (2017) estudaram a polpa de manga da variedade Tommy Atkins seca em Spray dryer com adição de maltodextrina, obtendo resultados de L^* 87,71, a^* 1,51 e b^* 32,24. Os resultados de L^* e a^* se aproximaram dos resultados encontrados nesta pesquisa, já a coordenada b^* não se aproximou muito, obtendo um valor mais elevado, que revelou uma pigmentação mais próxima ao amarelo.

A maturação da fruta influencia diretamente em sua coloração, para a manga, a cor amarela indica um fruto maduro, e a cor verde indica um fruto ainda não maduro.

Ferreira e colaboradores (2014) estudou polpa de cajá em pó com adição de 15% de maltodextrina, utilizando o secador leito do jorro e obteve valores de L^* 90,68, a^* -0,78 e b^* 30,67. Se aproximando dos valores deste trabalho nas coordenadas L^* e a^* .

Carotenóides

Os carotenóides apresentaram valores de 1,08 mg/100 g e 1,10 mg/100 g para o pó da polpa Kent em base úmida e base seca, respectivamente, e 0,91 mg/100 g e 0,93 mg/100 g para o pó da polpa Keitt em base úmida e seca, respectivamente. Os resultados não apresentaram diferença significativa estatisticamente, o que nos mostra que mesmo passando por um processamento que faça com que a polpa passe por uma temperatura elevada, não há grandes perdas deste antioxidante.

Os carotenóides são pigmentos naturais responsáveis pela cor amarela em uma grande gama de alimentos, além de influenciar diretamente na aceitação do consumidor, pois a cor é um dos parâmetros decisivos na compra do produto, os carotenóides também tem ação antioxidante, combatendo os radicais livres (RODRIGUES-AMAYA, 2001).

Sogi, Siddiq e Dolan (2015) fizeram um estudo sobre secagem de polpa de manga da variedade Tommy Atkins em liofilizador e conseguiram resultado médio de 5,17 mg/100 g de carotenóides, resultado este, maior que os apresentados nesta pesquisa.

Pinto (2012) encontrou valor próximo aos valores apresentados neste trabalho para polpa em pó de pequi seca em leito de espuma, com um valor de carotenóides de 0,96 mg/100 g. Krumreich e colaboradores (2016) também obtiveram dados semelhantes aos dessa pesquisa, tendo como produto a polpa de uvaia seca em liofilizador, apresentando resultado de 1,19 mg/100 g de carotenóides em base seca.

Açúcares totais e redutores

Os açúcares totais apresentaram resultados médios de 5,74% e 4,60% para os pós de manga das variedades Kent e Keitt, respectivamente, e valores de açúcares redutores de 8,19% e de 10,55% para os pós da Kent e Keitt, respectivamente. Houve diferença significativa entre os pós tanto para açúcares totais como para redutores.

O aumento apresentado nos açúcares redutores e a diminuição dos açúcares totais, entre as polpas usadas como matéria-prima e os pós após a secagem, pode ter ocorrido pelo fato de que a acidez e o processo de secagem interferiram na inversão da sacarose, em glicose e frutose. Bezerra e colaboradores (2011) trabalharam com duas variedades de manga, Rosa e Tommy Atkins, secas em estufa para a obtenção do pó, tendo como resultados médios para açúcares totais 40,47% e 39,42%, respectivamente, e para açúcares redutores 36,32% e 20,14%, respectivamente, tendo resultados mais altos do que das variedades estudadas no presente trabalho. Sousa e colaboradores (2015) encontraram resultado de 23,25% para açúcares redutores presentes em pó de polpa de atemoya com adição de 25% de maltodextrina DE-10, seca em spray dryer.

Solubilidade

No parâmetro solubilidade os pós não apresentaram diferença significativa entre si, tendo resultados médios de 98,22% e 98,87% para as variedades Kent e

Keitt, respectivamente. O alto valor de solubilidade ocorreu devido a composição do pó, com a retirada de água os compostos solúveis em água foram concentrados, obtendo assim uma maior solubilização, também devido a adição de maltodextrina, que é solúvel em água (GOULA; ADAMAPOULOS, 2008).

Machado, Gurgel e Medeiros (2015) estudaram secagem de manga pelo processo Form-Mat, encontrando valor de solubilidade de 70,60%, obtendo um valor menor que os apresentados nesta pesquisa. Santos e colaboradores (2016) encontraram valor parecido com o desta pesquisa para pó de polpa de umbu-cajá com 30% de maltodextrina, com o valor de 94,88%.

Reidratação

Não houve diferença significativa entre os resultados do tempo de reidratação dos pós das mangas das variedades Kent e Keitt. No pó da polpa Kent foi obtido resultado de 263 segundos para total reidratação e o pó da polpa Keitt obteve resultado de 265 segundos.

O tempo de reidratação do pó está relacionado a fatores como a porosidade da partícula, geometria, tamanho da partícula e composição. Quanto maior o diâmetro e a porosidade da partícula mais rápida a reidratação pois vai haver mais espaços vazios facilitando a entrada da água, segundo Forny e colaboradores (2011).

A reidratação dos pós segue as seguintes etapas, primeiro a dispersão do aglomerado com penetração do líquido dentro do sistema poroso devido às forças de capilaridade, depois a imersão das partículas dentro do líquido, seguido pela dissolução das ligações entre as partículas primárias seguida pela dispersão do pó com um pouco de agitação chegando a solubilização das partículas no líquido (SCHUBERT, 1987).

Cavalcante e colaboradores (2017) encontraram valor de 10,33 segundos de reidratação para polpa em pó de graviola obtida por secagem em spray dryer, obtendo um tempo muito menor que o encontrado neste trabalho.

Higroscopicidade

Os resultados obtidos para o parâmetro de higroscopicidade apresentaram diferença significativa estatisticamente, sendo para a polpa em pó da variedade Kent 2,91 g/100 g e para a polpa em pó da variedade Keitt 3,30 g/100 g.

De acordo com GEA Niro (2003), pós com higroscopicidade menor que 10 g/100 g podem ser considerados não higroscópicos. Pós adicionados de agentes carreadores como a maltodextrina tendem a ser menos higroscópicos, pois uma barreira é criada em torno da partícula da polpa fazendo com que ela não absorva tanta água do ambiente. Pós com baixa higroscopicidade, aliado a alta solubilidade, são considerados pós de boa qualidade, já que a umidade influencia diretamente na qualidade e na vida de prateleira do produto (BAKAR *et al.* 2013).

Ferreira e colaboradores (2014) encontraram resultado médio de 9,5% para polpa de seriguela seca em spray dryer adicionada de 10% de maltodextrina. Valor maior que o encontrado nesta pesquisa, provavelmente, pela concentração de maltodextrina usada. Sousa e colaboradores (2016) encontraram resultado de 7,70 g/100 g para polpa em pó de caju seca pelo processo de spray dryer. Lucca (2015) encontrou um resultado de 16,76% para polpa em pó de jambolão seca em spray dryer com 28,5% de dextrina.

Caking

O caking é um fenômeno de aglomeração que pode ocorrer em alimentos desidratados e em pó, dependendo de sua higroscopicidade e da quantidade de açúcar presente no material. A absorção de água na superfície da partícula forma uma solução saturada, com isso a partícula se torna pegajosa (GOULA; ADAMOPOULOS, 2008).

Nesta pesquisa não houve diferença significativa estatisticamente entre os pós, para a polpa em pó da variedade Kent foi obtido resultado de 59,11% e para a polpa em pó da variedade Keitt foi obtido resultado de 65,42%.

Os valores apresentados podem ser classificados como pós de alto grau de aglomeração, por terem apresentado valores de grau de caking acima de 50%, segundo a classificação proposta por Geo Niro (2003).

Ferreira e colaboradores (2014) obtiveram valor de grau de caking 86,08% para polpa em pó de cajá, tendo assim um resultado maior que o encontrado neste

trabalho. Sousa e colaboradores (2016) estudando suco de caju em pó seco em leito de jorro encontraram resultado de 74,69%.

5.10 Estabilidade dos pós de manga das variedades Kent e Keitt

Os pós das polpas de manga das variedades Kent e Keitt, obtidos da secagem por spray dryer na melhor condição (pós com adição de 30% de maltodextrina na solução), foram embalados em dois tipos de embalagens, cada uma com, aproximadamente 30 g de pó e armazenadas em temperatura ambiente por um período de 90 dias. Uma sequência de análises foram feitas de 15 em 15 dias, afim de verificar a estabilidade do produto, nas condições de armazenamento ao qual foram submetidos. As análises realizadas foram de umidade, atividade de água, pH, sólidos solúveis, acidez total titulável, ácido ascórbico, solubilidade, higroscopicidade, grau de caking e cor. Os produtos permaneceram no formato de pó por todo o período estudado, os resultados das análises serão apresentados a seguir.

Umidade

Na tabela 17 estão descritos os resultados da estabilidade para umidade em função do tempo de armazenamento com seus respectivos desvios padrões.

Tabela 17 - Resultados do parâmetro umidade, em porcentagem, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento (dias) | Kent | | Keitt | |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Embalagem laminada | Embalagem transparente | Embalagem laminada | Embalagem transparente |
| 0 | 2,26 ^{d,B} ± 0,01 | 2,26 ^{f,B} ± 0,01 | 2,62 ^{c,A} ± 0,02 | 2,62 ^{f,A} ± 0,02 |
| 15 | 2,23 ^{d,C} ± 0,04 | 2,24 ^{f,C} ± 0,04 | 2,51 ^{d,B} ± 0,02 | 2,83 ^{e,A} ± 0,02 |
| 30 | 2,25 ^{d,D} ± 0,06 | 3,16 ^{e,B} ± 0,04 | 2,73 ^{b,C} ± 0,03 | 3,36 ^{d,A} ± 0,02 |
| 45 | 2,46 ^{c,D} ± 0,03 | 3,76 ^{d,B} ± 0,02 | 2,45 ^{b,C} ± 0,06 | 4,12 ^{c,A} ± 0,03 |
| 60 | 2,55 ^{b,D} ± 0,01 | 3,86 ^{c,B} ± 0,03 | 2,28 ^{a,C} ± 0,02 | 4,25 ^{b,A} ± 0,02 |
| 75 | 2,62 ^{b,D} ± 0,03 | 4,01 ^{b,B} ± 0,01 | 2,24 ^{a,C} ± 0,02 | 4,51 ^{a,A} ± 0,04 |
| 90 | 2,72 ^{a,C} ± 0,02 | 4,52 ^{a,A} ± 0,02 | 2,29 ^{a,B} ± 0,01 | 4,41 ^{a,A} ± 0,10 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Analisando a tabela 17, podemos observar a influência do tempo de armazenamento e das embalagens no parâmetro de umidade. Nas embalagens com polpa em pó de manga da variedade Kent podemos verificar que, com o passar do tempo, a umidade aumenta, na ordem de 20,3% para a embalagem laminada e na ordem de 100% para a embalagem transparente, terminando o dia 90 com o dobro da umidade que tinha no dia do processamento e armazenagem. Para a polpa em pó de manga da variedade Keitt, na embalagem laminada, houve um decréscimo de umidade na ordem de 12,6% na embalagem laminada e na embalagem transparente houve um aumento na umidade de 68,3%.

O maior aumento da umidade na embalagem transparente foi devido a composição desta, as embalagens transparentes são feitas de polietileno e possuem maior permeabilidade a vapores de água, e como o pó dentro dela estava com umidade baixa, a tendência foi a absorção de umidade do ambiente para alcançar o equilíbrio.

A avaliação da barreira de vapores de água pode ser feita pela taxa de transmissão de vapor d'água (TPVA), que é a quantidade de água que passa através da embalagem por unidade de tempo, no regime estacionário sob condições específicas de temperatura, pressão e umidade relativa do ar (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2008). Cavalcanti e Cíceri (2002) encontraram valor de TPVA para polietileno com 0,042 mm de espessura de 200,13 g/24 h.m², obtendo resultados diferentes para diferentes membranas poliméricas, observando que quanto maior a superposição de constituintes poliméricos, menor a absorção de vapor de água.

Oliveira e colaboradores (2015) obtiveram valores de umidade mais altos do que os encontrados neste trabalho, mesmo tendo usado embalagem laminada, com polpa de mandacaru em pó com adição de 10% de maltodextrina DE10 e DE14. Tendo valores variando de 6,07 a 12,3% para o produto com maltodextrina DE10 e 6,77 a 13,1% para o produto com maltodextrina DE14. A maltodextrina utilizada no presente trabalho foi a DE20.

Em um experimento feito por Reis e colaboradores (2017), com farinha de acerola desidratada, foram obtidos valores de umidade no tempo 0 de 17,4 a 24,06% com diferentes temperaturas de secagem, no tempo 75 as umidades eram de 19,51 a 25,48%. Esses valores altos se deram por dois fatores principais, a ausência de um agente carreador e a foram de secagem, por estufa de circulação de

ar, além de terem temperaturas mais baixas de secagem, na ordem de 50 e 70°C, o fruto era seco integralmente para posterior trituração em liquidificador, o que faz com que a água não evapore com facilidade e a trituração ajuda na absorção da água do ambiente.

Mesmo com o aumento da umidade, ao final dos 90 dias, todas as embalagens apresentaram teores satisfatórios e seguros de umidade, seguindo o que está descrito na legislação da ANVISA, nº 272/2005, que coloca como valor limite 25% de umidade em alimentos desidratados.

Atividade de água

A tabela 18 a seguir mostra os resultados obtidos para o parâmetro atividade de água ao longo dos 90 dias da análise de estabilidade. Podemos perceber que o comportamento foi parecido com o comportamento do parâmetro umidade, isto tem uma explicação. A medida que a umidade aumentou, maior foi a quantidade de água produto, levando a um aumento na atividade de água deste produto (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Tabela 18 - Resultados do parâmetro atividade de água da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento (dias) | Kent | | Keitt | |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 0,14 ^{e,B} ± 0,000 | 0,14 ^{f,B} ± 0,000 | 0,20 ^{g,A} ± 0,001 | 0,20 ^{f,A} ± 0,001 |
| 15 | 0,18 ^{a,D} ± 0,001 | 0,25 ^{e,B} ± 0,003 | 0,20 ^{f,C} ± 0,001 | 0,27 ^{e,A} ± 0,004 |
| 30 | 0,18 ^{a,D} ± 0,002 | 0,29 ^{d,B} ± 0,004 | 0,21 ^{e,C} ± 0,000 | 0,31 ^{d,A} ± 0,001 |
| 45 | 0,15 ^{d,D} ± 0,001 | 0,38 ^{c,A} ± 0,002 | 0,26 ^{c,C} ± 0,002 | 0,36 ^{c,B} ± 0,002 |
| 60 | 0,16 ^{c,D} ± 0,000 | 0,40 ^{a,A} ± 0,000 | 0,27 ^{b,C} ± 0,001 | 0,36 ^{b,B} ± 0,000 |
| 75 | 0,16 ^{c,D} ± 0,000 | 0,39 ^{b,A} ± 0,001 | 0,25 ^{d,C} ± 0,000 | 0,37 ^{b,B} ± 0,001 |
| 90 | 0,18 ^{b,C} ± 0,002 | 0,40 ^{ab,A} ± 0,000 | 0,29 ^{a,B} ± 0,001 | 0,40 ^{a,A} ± 0,001 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Podemos observar que houve um aumento dos teores de atividade de água durante o tempo de armazenamento, sendo mais notório nos pós que estavam nas embalagens transparentes. O aumento da atividade de água na polpa em pó da variedade Kent foi de 28,57% na embalagem laminada e 185,7% na embalagem transparente, enquanto que na polpa em pó da variedade Keitt o aumento foi de

45% na embalagem laminada e 100% na embalagem transparente, mostrando nitidamente que a embalagem laminada foi mais eficiente na barreira dos vapores de água do ambiente.

Estudos sobre a estabilidade da polpa em pó de figo da índia seco por aspersão e armazenado por 40 dias, feito por Galdino e colaboradores (2016), mostraram resultados para o dia 0 de 0,26 e para o dia 40 de 0,35, demonstrando resultados próximos aos encontrados na presente pesquisa. O pó da polpa de mangaba estudado por Conegero e colaboradores (2017), foi armazenado em temperatura ambiente por 90 dias obtendo resultados do dia 0 de 0,16 e no dia 90 de 0,47, condizendo também com os resultados encontrados neste trabalho.

A capacidade de absorção de água do pó influencia diretamente nesses resultados, auxiliando no conhecimento sobre a eficácia de agentes carreadores, para melhor atender as suas necessidades do setor.

Mesmo com o aumento da atividade de água, os produtos ainda são considerados seguros microbiologicamente, pois todas as amostras ficaram com valores abaixo de 0,60 que é o valor de segurança para o início do crescimento de microrganismos, segundo Franco e Landgraf (2005).

Teor de sólidos solúveis totais

Os teores de sólidos solúveis totais podem ser vistos a seguir (tabela 19), juntamente com seus desvios padrões.

Tabela 19 - Resultados do parâmetro sólidos solúveis totais, em ° Brix, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento (dias) | Kent | | Keitt | |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 88,0 ^{c,A} ± 0,00 | 88,0 ^{a,A} ± 0,00 | 89,0 ^{b,A} ± 0,00 | 89,0 ^{a,A} ± 0,00 |
| 15 | 88,0 ^{c,B} ± 0,00 | 86,7 ^{bc,C} ± 0,06 | 89,0 ^{b,A} ± 0,00 | 86,0 ^{bc,C} ± 0,00 |
| 30 | 87,7 ^{c,C} ± 0,06 | 87,3 ^{ab,C} ± 0,06 | 91,0 ^{a,A} ± 0,00 | 89,0 ^{a,B} ± 0,00 |
| 45 | 89,0 ^{b,A} ± 0,00 | 87,0 ^{b,B} ± 0,00 | 88,3 ^{c,AB} ± 0,06 | 87,3 ^{b,AB} ± 0,12 |
| 60 | 88,0 ^{c,A} ± 0,00 | 87,0 ^{b,A} ± 0,00 | 86,0 ^{e,A} ± 0,00 | 85,0 ^{c,A} ± 0,00 |
| 75 | 89,0 ^{b,A} ± 0,00 | 86,0 ^{c,A} ± 0,00 | 87,0 ^{d,A} ± 0,00 | 86,0 ^{bc,A} ± 0,00 |
| 90 | 90,0 ^{a,A} ± 0,00 | 87,0 ^{b,C} ± 0,00 | 88,0 ^{c,B} ± 0,00 | 86,7 ^{b,C} ± 0,06 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Pode ser observado que houve uma diminuição pouco expressiva nos valores de sólidos solúveis do pó da polpa de manga da variedade Kent na embalagem transparente com um decréscimo de 1,14%, e nos pós de manga das variedades Keitt nas embalagens laminada com um decréscimo de 1,12% e na embalagem transparente de 3,37%. Na embalagem laminada do pó da polpa de manga da variedade Kent, houve um aumento numérico se comparado o dia 0 com o dia 90 de 2,27%, apresentando uma diferença significativa estatisticamente.

Reis e colaboradores (2017) estudaram a estabilidade da farinha de acerola desidratada, obtendo resultados de sólidos solúveis no tempo 0 para farinha seca em estufa a 60°C de 10 °Brix, a 70°C de 11 °Brix e de 80°C de 11,17 °Brix, já no tempo de 75 dias os resultados foram para 60°C de 10 °Brix, a 70°C de 9,67 °Brix e de 80°C de 9,67 °Brix. Santos e colaboradores (2016) encontraram a diminuição de sólidos solúveis durante o período de armazenamento de polpa em pó de umbu-cajá liofilizada e adicionada de goma arábica nas concentrações de 10, 20 e 30%.

O aumento da umidade pode levar diluição dos sólidos solúveis, levando a diminuição do valor dos seus sólidos solúveis durante o decorrer do tempo. A deposição de açúcares pode ser uma explicação do aumento dos sólidos solúveis na polpa em pó de manga da variedade Kent na embalagem laminada.

pH

Na tabela 20 estão descritos os resultados de pH das amostras de polpa em pó de manga, em função do tempo de armazenamento. Pode ser percebido uma redução dos valores de pH ao longo dos 90 dias de armazenamento. Somente na embalagem transparente da polpa em pó da variedade Keitt, não foi apresentada diferença significativa entre o dia 0 e o dia 90, a um nível de 95% de confiança.

Tabela 20 - Resultados do parâmetro pH da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento (dias) | Kent | | Keitt | |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 4,30 ^{cdB} ± 0,01 | 4,30 ^{cdB} ± 0,01 | 4,93 ^{aA} ± 0,03 | 4,93 ^{aA} ± 0,03 |
| 15 | 4,34 ^{bC} ± 0,02 | 4,53 ^{aBC} ± 0,02 | 4,88 ^{abA} ± 0,01 | 4,75 ^{bB} ± 0,03 |
| 30 | 4,39 ^{aC} ± 0,00 | 4,35 ^{bBC} ± 0,00 | 4,95 ^{aA} ± 0,01 | 4,92 ^{aAB} ± 0,02 |
| 45 | 4,31 ^{cC} ± 0,00 | 4,30 ^{dC} ± 0,00 | 4,86 ^{bB} ± 0,01 | 4,89 ^{aA} ± 0,01 |

| | | | | |
|----|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 60 | 4,33 ^{bB} ± 0,00 | 4,32 ^{cAB} ± 0,00 | 4,78 ^{cdAB} ± 0,03 | 4,89 ^{aA} ± 0,01 |
| 75 | 4,29 ^{dB} ± 0,00 | 4,32 ^{cAB} ± 0,00 | 4,73 ^{dAB} ± 0,04 | 4,89 ^{aA} ± 0,03 |
| 90 | 4,25 ^{eC} ± 0,00 | 4,28 ^{eBC} ± 0,00 | 4,84 ^{bcAB} ± 0,04 | 4,93 ^{aA} ± 0,05 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

De acordo com a ANVISA, em resolução citada anteriormente, o pH máximo para alimentos desidratados é de 4,5, com isso podemos observar que os pós da polpa de manga da variedade Kent tanto na embalagem laminada como na embalagem transparente estão dentro do previsto na legislação, já os pós da polpa de manga da variedade Keitt estão acima do limite imposto, nas duas formas de embalagens.

O pH é um dos fatores que interferem na velocidade das alterações microbiológicas, a maioria dos microorganismos cresce na faixa de pH entre 5 e 8, porém microorganismos como bolores e leveduras podem crescer em alimentos com uma faixa de pH mais baixa, aliado a uma umidade mais alta. O pH 4,5 foi escolhido pela ANVISA como limite pois é o valor mínimo para o crescimento e produção de toxinas do *Clostridium Botulinum* (AZEREDO, 2004).

Modesto Júnior e colaboradores (2016) estudaram o armazenamento da polpa de gíngua durante um período de 60 dias e revelaram um decréscimo dos valores do pH, indo de 3,53 no dia 0 a 3,12 no dia 60, mostrando assim comportamento parecido ao encontrado neste trabalho. O contrário deste comportamento, foi visto em Conegero e colaboradores (2017) um aumento durante o tempo de armazenamento de polpa de mangaba liofilizada, indo de 3,12 no dia 0 a 3,18 no dia 90.

Acidez total titulável

A tabela 21 mostra os resultados do parâmetro acidez total titulável com seus respectivos desvios padrões. Os pós da polpa Kent obtiveram um decréscimo de 3,61% de ácido cítrico tanto para a embalagem laminada quanto para a embalagem transparente, já os pós da polpa Keitt obtiveram um decréscimo de 25,61% de ácido cítrico para a embalagem laminada e 31,7% de ácido cítrico.

Este decréscimo ocorre pela diluição dos ácidos orgânicos presentes na amostra, já que o pó absorve a umidade do ambiente, segundo Santos e

colaboradores (2016), mas também pode ser pela oxidação destes compostos, onde discutiram esse comportamento trabalhando com polpa de umbu-cajá liofilizada com adição de 10% de goma arábica por um tempo de 180 dias, obtendo um decréscimo no decorrer destes dias de 7,62% para 6,33% de ácido cítrico.

Tabela 21 - Resultados do parâmetro acidez total titulável, em porcentagem de ácido cítrico, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento (dias) | Kent | | Keitt | |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 0,83 ^{dA} ± 0,001 | 0,83 ^{aAB} ± 0,001 | 0,82 ^{aB} ± 0,003 | 0,82 ^{aAB} ± 0,003 |
| 15 | 0,88 ^{bA} ± 0,000 | 0,82 ^{dAB} ± 0,000 | 0,63 ^{bB} ± 0,000 | 0,63 ^{bB} ± 0,001 |
| 30 | 0,88 ^{aA} ± 0,000 | 0,82 ^{cAB} ± 0,000 | 0,63 ^{bB} ± 0,000 | 0,63 ^{bB} ± 0,000 |
| 45 | 0,88 ^{aA} ± 0,000 | 0,82 ^{dAB} ± 0,000 | 0,61 ^{dC} ± 0,001 | 0,61 ^{cBC} ± 0,000 |
| 60 | 0,86 ^{cA} ± 0,000 | 0,82 ^{bAB} ± 0,000 | 0,61 ^{cC} ± 0,000 | 0,61 ^{cBC} ± 0,000 |
| 75 | 0,80 ^{eA} ± 0,000 | 0,81 ^{eAB} ± 0,000 | 0,61 ^{cdB} ± 0,000 | 0,61 ^{cB} ± 0,000 |
| 90 | 0,80 ^{eA} ± 0,000 | 0,80 ^{fAB} ± 0,000 | 0,61 ^{cdAB} ± 0,000 | 0,56 ^{dB} ± 0,001 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Galdino e colaboradores (2003), estudaram a estabilidade da polpa de umbu em pó com adição de goma guar, usando embalagens laminadas e transparentes, semelhantes com as usadas neste trabalho, diferente dos resultados obtidos nesta pesquisa, os valores aumentaram com o tempo de armazenamento, na embalagem laminada os valores foram de 5,30% para 5,49% de ácido cítrico, e na embalagem transparente os valores aumentaram de 5,30% para 5,46% de ácido cítrico.

Ácido ascórbico

Na tabela 22 podemos verificar os valores médios do parâmetro quantidade de ácido ascórbico com seus respectivos desvios padrões, nos respectivos tempos de armazenamento e em duas diferentes embalagens.

Observamos que para todos os pós e em todas as embalagens que o tempo de armazenamento foi inversamente proporcional a quantidade de ácido ascórbico presente, obtendo uma declinação entre os tempos 0 e 90 dias de 55,85% para a polpa em pó da variedade Kent na embalagem laminada e 74,19% para a embalagem transparente, enquanto que a polpa em pó da variedade Keitt

apresentou um declínio de 60% na embalagem laminada e 79,5% na embalagem transparente.

Tabela 22 - Resultados do parâmetro ácido ascórbico, em miligramas de ácido ascórbico por cem gramas, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento (dias) | Kent | | Keitt | |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 233,52 ^{aB} ± 0,02 | 233,52 ^{aB} ± 0,02 | 246,33 ^{aA} ± 0,83 | 246,33 ^{aA} ± 0,83 |
| 15 | 196,46 ^{bA} ± 0,06 | 147,49 ^{bA} ± 0,07 | 197,17 ^{bA} ± 0,07 | 197,82 ^{bA} ± 0,07 |
| 30 | 196,38 ^{bA} ± 0,04 | 147,46 ^{bC} ± 0,06 | 169,27 ^{cB} ± 0,03 | 144,28 ^{cC} ± 0,11 |
| 45 | 187,85 ^{cA} ± 0,05 | 143,18 ^{bBC} ± 0,10 | 147,69 ^{dB} ± 0,03 | 100,31 ^{dC} ± 0,01 |
| 60 | 167,19 ^{dA} ± 0,01 | 100,88 ^{cC} ± 0,03 | 147,64 ^{dB} ± 0,02 | 100,41 ^{dC} ± 0,03 |
| 75 | 150,07 ^{eA} ± 0,03 | 98,61 ^{cBC} ± 0,02 | 105,28 ^{eB} ± 0,12 | 70,36 ^{eC} ± 0,10 |
| 90 | 103,09 ^{fA} ± 0,02 | 60,27 ^{dB} ± 0,01 | 98,30 ^{fA} ± 0,02 | 50,37 ^{fB} ± 0,16 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Uma das características conhecidas deste ácido é sua fácil degradação, ele é sensível a luz, temperatura, oxigênio, presença de catalizadores metálicos, enzimas e pH, sendo mais instável em meios alcalinos, dessa forma, é usado como parâmetro indicador na produção, pois como outros antioxidantes são mais resistentes, se ainda houver vitamina C após tratamento os outros antioxidantes também estarão presentes na amostra (ELER *et al.*, 2016).

Como esperado nas embalagens transparentes, houve uma maior perda de vitamina C com o passar dos dias, devido à natureza da própria embalagem, de não possuir capacidade de bloquear a entrada de luz e possuir maior permeabilidade ao oxigênio.

Santos e colaboradores (2016) também evidenciaram a queda da quantidade deste ácido estudando pó de umbu-cajá com adição de 10% de goma arábico revelando valor de 73,60 mg/ 100 g no dia 0 e 58,22 mg/ 100 g de ácido ascórbico após 180 dias. Por sua vez, Reis e colaboradores (2017) estudando pó de acerola desidratado em estufa obtiveram resultados de 19,45 mg/ 100 g no dia 0 e 3,90 mg/ 100 g de ácido ascórbico depois de 75 dias de armazenamento em temperatura ambiente. Oliveira e colaboradores (2015), estudando a polpa em pó do mandacaru com adição de 10% de maltodextrina seca em equipamento spray dryer, verificaram que no dia 0 o pó tinha 25,25 mg/ 100 g de ácido ascórbico, obtendo no dia 50 18,54 mg/ 100 g de ácido ascórbico.

Cor coordenada L*

O parâmetro de cor para a coordenada L* apresentou resultados vistos na tabela 23, juntamente com seus desvios padrões. Pode ser notado uma diminuição dos valores durante os 90 dias.

Tabela 23 - Resultados do parâmetro cor, coordenada L*, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento (dias) | Kent | | Keitt | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 85,68 ^{ab} ± 0,16 | 85,68 ^{ab} ± 0,16 | 95,47 ^{aA} ± 0,24 | 95,47 ^{aA} ± 0,24 |
| 15 | 85,21 ^{abA} ± 0,20 | 85,12 ^{ba} ± 0,08 | 82,55 ^{dC} ± 0,03 | 83,15 ^{bB} ± 0,13 |
| 30 | 85,10 ^{bB} ± 0,09 | 85,52 ^{aA} ± 0,12 | 82,57 ^{dD} ± 0,05 | 83,21 ^{bC} ± 0,16 |
| 45 | 85,50 ^{abA} ± 0,25 | 85,67 ^{aA} ± 0,19 | 84,59 ^{bB} ± 0,11 | 80,46 ^{dC} ± 0,08 |
| 60 | 85,18 ^{abA} ± 0,13 | 85,37 ^{abA} ± 0,20 | 84,31 ^{bcB} ± 0,15 | 80,57 ^{dC} ± 0,11 |
| 75 | 81,68 ^{dB} ± 0,25 | 81,55 ^{cb} ± 0,05 | 84,11 ^{cA} ± 0,12 | 81,35 ^{cb} ± 0,07 |
| 90 | 83,67 ^{cb} ± 0,24 | 85,30 ^{abA} ± 0,11 | 82,65 ^{dD} ± 0,14 | 83,16 ^{bC} ± 0,07 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para o pó da polpa de manga da variedade Kent na embalagem laminada houve uma diminuição de 2,34% de luminosidade, para a embalagem transparente não houve diferença significativa entre os dias 0 e 90, obtendo uma diminuição numérica de apenas 0,44%. Já para o pó da polpa de manga da variedade Keitt na embalagem laminada houve uma diminuição de 13,4% e para a embalagem transparente 12,9%.

À medida que a amostra foi absorvendo umidade do ambiente, o pó da manga tendeu a escurecer, também pela oxidação dos carotenóides e da vitamina C.

Alexandre e colaboradores (2014), obtiveram redução da luminosidade durante o tempo de armazenamento de 60 dias de polpa em pó de pitanga adicionada de 7,5% do emulsificante e estabilizante comercial Emustab® e 4,5% do espessante comercial Super Liga Neutra®, com resultado de 35,88 para o dia 0 e 29,10 para o dia 60. Oliveira e colaboradores (2015) encontraram resultados decrescentes de intensidade de luminosidade em um estudo de 50 dias de

armazenamento de polpa de *Cereus jamacaru* em pó com adição de 10% de maltodextrina.

Cor coordenada a*

A tabela 24 expressa os valores de colorimetria, intensidade da coordenada a*, que varia de verde a vermelho, juntamente com seus respectivos desvios padrões.

Tabela 24 - Resultados do parâmetro cor, coordenada a*, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento (dias) | Kent | | Keitt | |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | -2,34 ^{CA} ± 0,04 | -2,34 ^{DA} ± 0,04 | -2,35 ^{EA} ± 0,01 | -2,35 ^{DA} ± 0,01 |
| 15 | -2,11 ^{BB} ± 0,07 | -1,94 ^{BA} ± 0,07 | -1,86 ^{CA} ± 0,02 | -1,80 ^{CA} ± 0,06 |
| 30 | -2,13 ^{BC} ± 0,04 | -1,91 ^{BB} ± 0,06 | -1,66 ^{BA} ± 0,06 | -1,63 ^{BA} ± 0,07 |
| 45 | -2,09 ^{BB} ± 0,07 | -2,10 ^{CB} ± 0,03 | -1,78 ^{CD} ± 0,06 | -1,88 ^{CA} ± 0,04 |
| 60 | -2,12 ^{BB} ± 0,04 | -2,10 ^{CB} ± 0,07 | -1,77 ^{CD} ± 0,04 | -1,90 ^{CA} ± 0,04 |
| 75 | -1,71 ^{AB} ± 0,05 | -1,91 ^{BC} ± 0,03 | -1,71 ^{BC} ± 0,02 | -1,52 ^{AB} ± 0,05 |
| 90 | -1,70 ^{AB} ± 0,07 | -1,60 ^{AB} ± 0,03 | -1,49 ^{AA} ± 0,02 | -1,41 ^{AA} ± 0,04 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os valores da coordenada a* aumentaram com o decorrer do tempo de armazenamento. Para a polpa em pó de manga da variedade Kent na embalagem laminada o aumento foi de 27,35% e para a embalagem transparente o aumento foi de 31,62%. Para a polpa em pó de manga da variedade Keitt na embalagem laminada houve aumento de 36,6% e na embalagem transparente de 40%.

Esse aumento de valor, fazendo com que o pó tendesse mais ao vermelho (valor mais positivo), juntamente com o decréscimo de luminosidade, retrata o escurecimento do pó, que se dá pela absorção de umidade e aumento da atividade de água, podendo também haver relação com a temperatura do ambiente, e a degradação de substâncias presentes na amostra (FELLOWS, 2006). Podemos notar que as embalagens transparentes apresentaram um aumento maior desta coordenada, por obterem menor barreira, deixando o pó mais susceptível a interações com o ambiente.

Galdino e colaboradores (2016) estudaram a estabilidade do pó de figo-da-índia, obtido por aspersão, com um tempo de armazenamento de 40 dias em duas temperaturas, obtendo na temperatura de armazenamento de 25°C no dia 0 o valor médio de 7,55 e no dia 40 o valor médio reduziu para 6,79 enquanto que, na temperatura de armazenamento de 40°C no dia 0 o valor foi de 7,55 e no dia 40 o valor médio foi de 7,27. Foi observado por Conegero e colaboradores (2017), no estudo com polpa em pó de mangaba, obtida por liofilização, resultados similares no decorrer do tempo de armazenamento, que no caso do trabalho citado foi de 90 dias, em embalagem laminada no dia 0 o valor foi de -2,58 já no dia 90 o valor foi -2,29. Em embalagem transparente os valores encontrados foram para o dia 0 de -2,58 e no dia 90 foi de -2,43.

*Cor coordenada b**

Na tabela 25 estão os resultados para a coordenada b* das polpas em pó de manga das variedades estudadas neste trabalho, nas embalagens laminada e transparente.

Tabela 25 - Resultados do parâmetro cor, coordenada b*, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento | Kent | | Keitt | |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 13,13 ^{aA} ± 0,02 | 13,13 ^{aA} ± 0,02 | 18,42 ^{abB} ± 0,21 | 18,42 ^{aB} ± 0,21 |
| 15 | 12,63 ^{bC} ± 0,08 | 13,27 ^{bD} ± 0,08 | 11,98 ^{cB} ± 0,10 | 10,96 ^{aA} ± 0,01 |
| 30 | 13,75 ^{dC} ± 0,13 | 12,82 ^{cD} ± 0,13 | 10,45 ^{aA} ± 0,04 | 10,45 ^{bB} ± 0,04 |
| 45 | 13,51 ^{cC} ± 0,40 | 12,60 ^{cdD} ± 0,23 | 11,54 ^{abA} ± 0,10 | 11,54 ^{bB} ± 0,10 |
| 60 | 13,16 ^{cC} ± 0,03 | 12,63 ^{cdD} ± 0,05 | 11,55 ^{bA} ± 0,22 | 11,55 ^{bB} ± 0,22 |
| 75 | 11,49 ^{bA} ± 0,07 | 12,07 ^{dC} ± 0,06 | 11,97 ^{dB} ± 0,11 | 11,97 ^{cA} ± 0,11 |
| 90 | 11,42 ^{dC} ± 0,03 | 11,68 ^{eD} ± 0,03 | 10,38 ^{dB} ± 0,09 | 10,38 ^{dA} ± 0,09 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A coordenada b* representa a intensidade de amarelo, quanto mais alto o valor, mais amarela será a amostra. O pó utilizado para o estudo de armazenamento tinha em sua solução, antes da secagem, a adição de 30% de maltodextrina, que é um pó branco e influencia diretamente na cor final dos pós.

Com o passar do tempo de armazenamento os valores médios da coordenada b^* foram diminuindo na ordem de 13% na polpa em pó da variedade Kent na embalagem laminada e 11% na embalagem transparente, enquanto para a polpa em pó da variedade Keitt houve diminuição de 43,6% em ambas as embalagens.

A cor predominante na polpa de manga é o amarelo presente através de carotenóides, com o tempo, luz e temperatura, os carotenóides sofrem oxidação, podendo ser essa a causa da diminuição de intensidade de amarelo nas amostras apresentadas, outra reação que acontece é a reação das antocianinas com o ácido ascórbico que pode resultar em pigmentos levemente escurecidos (GOMES; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2004).

Galdino, Figueiredo e Queiroz (2016), obtiveram resultados decrescentes com o passar do tempo, como o observado neste trabalho, estudando a polpa em pó de figo-da-índia, revelaram resultados para 25° C no dia 0 de 42,08 e para o dia 40 de 40,67, e a uma temperatura de 40° C no dia 0 de 42,08 e no dia 40 de 40,45.

Alexandre e colaboradores (2014) estudaram o armazenamento de pitanga em pó, seca por meio de camada de espuma e armazenada por 60 dias, tendo resultados médios, no dia 0 de 33,98 e no dia 60 de 26,52. Em contrapartida, Oliveira e colaboradores (2015) obtiveram um aumento nos resultados da coordenada b^* com o passar do tempo de armazenamento de amostras de polpa de mandacaru em pó adicionada de 10% de maltodextrina.

Solubilidade

Na tabela 26 temos os resultados para o parâmetro solubilidade, juntamente com seus respectivos desvios padrões em duas embalagens e durante 90 dias de armazenamento. Notou-se que a solubilidade das polpas em pó de manga tanto da variedade Kent como da variedade Keitt apresentaram alta solubilidade. Para as polpas em pó da variedade Kent, foi perceptível o aumento de solubilidade com o decorrer do tempo durante os 90 dias, já as polpas em pó da variedade Keitt apresentaram resultados contrários, diminuindo sua solubilidade durante os 90 dias.

Foi observado um aumento de 2,62% de solubilidade na polpa em pó da variedade Kent em embalagem laminada, já na embalagem transparente houve um aumento de 4,07%, em contrapartida houve decréscimo de 1,44% na polpa em pó

da variedade Keitt em embalagem laminada, mesmo não apresentando diferença significativa entre os dias 0 e 90, e um decréscimo de 1,12% na embalagem transparente, também sem apresentar diferença significativa entre o dia 0 e o dia 90.

Tabela 26 - Resultados do parâmetro solubilidade, em porcentagem, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento | Kent | | Keitt | |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 93,93 ^{dB} ± 0,13 | 93,93 ^{cB} ± 0,13 | 98,53 ^{aA} ± 0,43 | 98,53 ^{aA} ± 0,43 |
| 15 | 93,27 ^{eA} ± 0,17 | 93,19 ^{dA} ± 0,58 | 95,31 ^{dA} ± 0,27 | 95,54 ^{cA} ± 0,42 |
| 30 | 93,55 ^{deB} ± 0,22 | 92,46 ^{eB} ± 0,11 | 98,18 ^{abA} ± 0,40 | 96,79 ^{bcAB} ± 1,01 |
| 45 | 94,53 ^{cA} ± 0,10 | 93,81 ^{cdA} ± 0,06 | 95,84 ^{cdA} ± 0,25 | 96,18 ^{bcA} ± 0,28 |
| 60 | 94,55 ^{cA} ± 0,19 | 94,64 ^{bA} ± 0,11 | 96,98 ^{bcA} ± 0,56 | 97,29 ^{abA} ± 0,43 |
| 75 | 95,58 ^{bA} ± 0,06 | 94,91 ^{bA} ± 0,06 | 96,60 ^{cdA} ± 0,88 | 97,22 ^{abA} ± 0,27 |
| 90 | 96,39 ^{aB} ± 0,15 | 97,75 ^{aA} ± 0,18 | 97,11 ^{abcAB} ± 0,65 | 97,43 ^{abA} ± 0,15 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A solubilidade é a capacidade de um soluto se solubilizar em um solvente. A alta solubilidade do pó de manga se caracteriza por ser uma fruta rica em açúcares, e pela adição da maltodextrina, ambos solúveis em água a temperatura ambiente (OETTERER, 2006). Um produto com alta capacidade de solubilização é ótimo para a indústria de alimentos e bebidas, pois é de fácil preparo, além de ser um produto em pó facilitando o armazenamento e estocagem (DOGAN; TOKER; GOKSEL, 2011).

Sousa e colaboradores (2016), estudaram a estabilidade de suco de caju em pó adicionado de 12% de maltodextrina, obtendo valores para a embalagem laminada de 95,05% para o dia 0 e 93,73% para o dia 60 e para embalagem transparente de 93,57% no dia 0 e 93,34% para o dia 60. Costa e colaboradores (2013), estudaram a estabilidade do maracujá em pó, encontrando resultados decrescentes com o passar do tempo de armazenamento, que foi de 360 dias, tendo no dia 0 solubilidade de 81,61% e no último dia de experimento uma solubilidade de 75,79%.

Higroscopicidade

A tabela 27 mostra os resultados médios juntamente com seus desvios padrões do parâmetro higroscopicidade, obtido através de análise ao longo de 90 dias, onde os pós foram armazenados em temperatura ambiente.

Tabela 27 - Resultados do parâmetro higroscopicidade, em gramas por cem gramas, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento | Kent | | Keitt | |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 2,85 ^{bB} ± 0,07 | 2,85 ^{bB} ± 0,07 | 3,30 ^{aA} ± 0,20 | 3,30 ^{aA} ± 0,20 |
| 15 | 3,67 ^{aA} ± 0,19 | 3,31 ^{aB} ± 0,09 | 2,83 ^{bC} ± 0,02 | 2,48 ^{bD} ± 0,04 |
| 30 | 3,44 ^{aA} ± 0,08 | 3,32 ^{aB} ± 0,02 | 2,84 ^{bC} ± 0,10 | 2,10 ^{cD} ± 0,04 |
| 45 | 3,47 ^{aA} ± 0,18 | 3,61 ^{aA} ± 0,16 | 2,57 ^{cB} ± 0,03 | 2,63 ^{bB} ± 0,07 |
| 60 | 3,65 ^{aA} ± 0,08 | 3,34 ^{aB} ± 0,09 | 2,83 ^{bC} ± 0,06 | 2,47 ^{bD} ± 0,09 |
| 75 | 3,66 ^{aA} ± 0,19 | 3,59 ^{aA} ± 0,11 | 2,88 ^{bB} ± 0,07 | 2,22 ^{cC} ± 0,03 |
| 90 | 3,63 ^{aA} ± 0,27 | 3,47 ^{aA} ± 0,16 | 2,76 ^{bC} ± 0,05 | 2,69 ^{bB} ± 0,06 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

As polpas em pó da variedade Kent obtiveram aumento na sua porcentagem de higroscopicidade com o passar dos dias de armazenamento na embalagem laminada, o único resultado que diferiu estatisticamente dos demais foi o do dia 0, assim como os resultados apresentados para a embalagem transparente, que também diferiu entre si no dia 0. Houve um aumento de 27,4% na embalagem laminada e 21,7% na embalagem transparente.

As polpas em pó da variedade Keitt demonstraram uma diminuição de higroscopicidade com o passar dos 90 dias, apresentando uma diminuição de 16,4% na embalagem laminada e 18,5% na embalagem transparente. Quanto maior a absorção de umidade do pó, menor sua capacidade de adsorção de água.

De acordo com o *GEA Niro Research Laboratory* (2003), pós com higroscopicidade menores que 10% são considerados pós não higroscópicos, os pós apresentados nesta pesquisa ficaram dentro da faixa abaixo de 10%, mesmo após 90 dias de armazenamento. Molina e colaboradores (2014) estudando pitaya em pó liofilizada e armazenada durante um tempo de 120 dias, perceberam um aumento na porcentagem de higroscopicidade nas embalagens laminada e transparente.

Costa e colaboradores (2019) estudaram a estabilidade de polpa de manga em pó da variedade Palmer adicionada de 20% de maltodextrina, seca por liofilização, e obtiveram resultados decrescentes ao passar dos 90 dias de

armazenamento, com valores no dia 0 de 7,06% e no dia 90 de 5,21%, em embalagem laminada e em embalagem transparentes valores de 7,06% no dia 0 e 3,81% no dia 90.

Grau de caking

Os resultados obtidos na análise de grau de caking juntamente com seus respectivos desvios padrões, de acordo com seu tempo de armazenamento e embalagens, estão apresentados na tabela abaixo (TABELA 28)

Tabela 28 - Resultados do parâmetro grau de caking, em porcentagem, da análise de estabilidade dos pós de polpa de manga das variedades Kent e Keitt em embalagens laminadas e transparentes.

| Tempo de Armazenamento | Kent | | Keitt | |
|------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | Laminada | Transparente | Laminada | Transparente |
| 0 | 59,11 ^{bcA} ± 5,74 | 59,11 ^{abA} ± 5,74 | 65,42 ^{abcA} ± 9,84 | 65,42 ^{abA} ± 9,84 |
| 15 | 61,91 ^{abcB} ± 4,09 | 62,74 ^{abB} ± 4,66 | 74,17 ^{abA} ± 2,35 | 77,68 ^{aA} ± 4,02 |
| 30 | 50,29 ^{bcdB} ± 1,93 | 53,36 ^{abAB} ± 3,12 | 65,39 ^{abcA} ± 4,70 | 53,63 ^{bAB} ± 9,51 |
| 45 | 40,52 ^{dB} ± 9,13 | 50,28 ^{abB} ± 4,24 | 73,37 ^{abA} ± 0,80 | 65,31 ^{abA} ± 0,89 |
| 60 | 77,43 ^{aA} ± 9,39 | 62,72 ^{aAB} ± 4,63 | 56,10 ^{cB} ± 0,35 | 53,46 ^{bB} ± 4,44 |
| 75 | 44,90 ^{cdB} ± 6,40 | 47,38 ^{bB} ± 7,48 | 76,21 ^{aA} ± 4,14 | 57,42 ^{bB} ± 4,95 |
| 90 | 65,65 ^{abA} ± 1,30 | 59,72 ^{abA} ± 1,50 | 61,46 ^{bcA} ± 4,91 | 50,50 ^{bB} ± 2,23 |

Fonte: Elaborada pela autora. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Como pode ser observado na polpa em pó da variedade Kent, na embalagem laminada houve uma diferença significativa entre o primeiro e último dia de armazenamento com um aumento de 11%, na embalagem transparente houve um pequeno aumento entre o primeiro e último dia de 1%, mas não houve diferença significativa entre elas. Na polpa em pó da variedade Keitt houve uma flutuação dos resultados ao longo do tempo, chegando ao fim dos 90 dias com uma diminuição, mas que não apresentou diferença significativa com os resultados do tempo 0, na embalagem laminada houve uma queda de 6% e na embalagem transparente uma queda de 22,8%.

De acordo com o *GEA Niro Research Laboratory* (2003), pós que apresentam grau de caking acima de 50% são considerados pós com muita formação de caking, esse comportamento pode estar relacionado com o maior número de ramificações

com grupos hidrofílicos presentes na maltodextrina DE 20, tendo a capacidade de absorção de água do ambiente aumentada (FERREIRA et al, 2014).

Segundo Ribeiro (2014), flutuações recorrentes nos resultados podem ser decorrentes, devido a erros ocasionados pela inadequação da metodologia utilizada, dando ênfase especial a transferência do pó para a peneira e para flutuações de temperatura que podem acontecer na estufa durante a secagem prévia da amostra, antes da análise.

Sousa e colaboradores (2016) pesquisaram sobre a estabilidade do suco de caju em pó desidratado em leite de jorro adicionado de 12% de maltodextrina durante 60 dias de armazenamento em embalagem laminada e transparente, apresentando um aumento no grau de caking na embalagem laminada e uma diminuição na embalagem transparente, apresentando resultados que representam um pó com muita formação de caking. Molina e colaboradores (2014), apresentaram resultados crescentes durante o período de 120 dias de armazenamento de pitaya em pó, apresentando um maior grau de caking na embalagem transparente do que na laminada.

6 CONCLUSÃO

A secagem das polpas de manga das variedades Kent e Keitt mostrou-se viável com as concentrações de 10, 20 e 30% de maltodextrina, sendo a escolha da melhor condição através de análises do planejamento experimental foi a concentração de 30% de maltodextrina, para ambas as mangas.

Os resultados das análises feitas nas polpas se mostraram condizentes com o que é descrito na literatura. As polpas em pó se mostraram não higroscópicas, com coordenadas de b^* e L^* mais altas, uma solubilidade em água regular, porém com um grau de caking elevado.

Durante o período de 90 dias da estabilidade foram mantidas as características das polpas em pó, tendo um leve aumento na umidade, mas chegando ao final do período ainda microbiologicamente seguras se observado a atividade de água. A embalagem laminada foi a que mais manteve as características dos pós, sendo eficiente como barreira a luz e oxigênio.

Na microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi observado que o pó tem características amorfas, e que com o aumento da concentração da maltodextrina as partículas tendem a diminuir de tamanho. Podemos notar que o adjuvante de secagem foi bem empregado pois a encapsulação está satisfatória e as partículas se mostraram esféricas e lisas, sem rachaduras aparentes.

Na difração de raio X observou-se que o material é predominantemente amorfo, mostrando uma certa desordem molecular que pode ter acontecido durante a secagem. Na análise de potencial zeta foi observado que com o aumento da concentração de maltodextrina, as cargas do pó se mostravam mais negativas, demonstrando uma menor aglomeração. Foi observado que quanto maior a quantidade de adjuvante de secagem, mais alta era a temperatura de transição vítrea.

As propriedades reológicas do pó mostraram que os pós são coesivos, apresentando uma proporcionalidade entre fluidez e concentração de maltodextrina. Os pós com 20 e 30% de maltodextrina obtiveram as maiores densidades aparentes e com relação ao Ângulo de atrito, para a polpa da variedade Kent, o pó com 20% de maltodextrina mostrou o maior ângulo, já na polpa da variedade Keitt, o pó com 10% de maltodextrina que demonstrou um maior ângulo de atrito.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, B., HOWES, T., BHANDARI, B., LANGRISH, T. G. Effect of addition of proteins on the production of amorphous sucrose powder through spray drying. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 94. p. 144–153. 2009.
- ADOLFO LUTZ - Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo, v. 1, 2008.
- AGRA, N. G. **Secagem e Liofilização de Manga: Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais**. 2006, 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande: PB, junho 2006.
- ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.
- ALMEIDA, P.; MEIRA, T.; ALENCAR, L. C.; FREITAS, A.; HERCULANO, L. Avaliação físico-química de pós-alimentícios de manga (*Mangifera indica* L.) de diferentes variedades obtidas pelo processo de liofilização. **Anais...** Encontro nacional do programa de pós-graduação, Universidade Federal do Ceará, 2009.
- ALVES, Denise Gomes. **Obtenção de acerola em passas utilizando processo combinado de desidratação osmótica e secagem**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 88p. 2018.
- AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis**. 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, 1997.
- ARAGÃO, P. P.; LOSS, R. A.; SILVA, S. S.; GUEDES, S. F. Avaliação do potencial de utilização de pré tratamento osmótico na produção de manga desidratada. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 9, n. 4, 2017.
- ARAÚJO, D. O.; MORAIS, J. A. A.; CARVALHO, J. L. M. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo da manga no Mercado nacional. **Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v.10, p. 51-73, 2017.
- AROUCHA, E. M.; VIANNI, R. Água de coco por cromatografia líquida e pelo método titulométrico. **Revista Ceres**, Viçosa, nº 49, p.245- 251, 2002.
- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Editora técnica. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 195p. 2004.

BAKAR, J.; EA, S. C.; MUHAMMAD, K.; HASHIM, D. M.; ADZAHAN, N. Spray-drying optimization for red pitaya peel (*Hylocereus polyrhizus*). **Food and Bioprocess Technology**, [s.i.], v. 6, p. 1332-1342, 2013.

BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. de A. C.; SILVA, L. M. M.; CASTRO, D. S.; FIGUEIREDO NETO, A. Influence of maltodextrin on physicochemical characteristics of lyophilized mangaba pulp. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v.9, 2017.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p. 278-283, 2011.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; ROCHA, E. M. R. R. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades coité e espada e avaliação das características físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.10, p.2186-2192, out, 2010.

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; HOWES, T. Problems associated with spray drying of sugar-rice foods. **Drying Technology**, London v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.

BOZZOLA, JOHN J., RUSSELL, LONNIE D., **Electron Microscopy**. 2. ed. Jones and Bartlett Publishers, Boston - USA (1992), 670pp.

BRASIL - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da diretoria colegiada – RDC n. 272**, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o “regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis”. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Leis, Decretos e etc. **Instrução Normativa nº 01**, de 7 de janeiro de 2018, do Ministério da Agricultura e Abastecimento. Regulamentos técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas. Diário Oficial da União, Brasília, nº 6, Seção I, p. 54-58, 2000.

BROOKER, D.B.; ARKEMA, F.W.B.; HALL, C.W. **Drying cereal grains**. Connecticut, The AVI Publishing Company. 265 p. 1974.

BRUNAUER, S.; EMMET, T.H.; TELLER, F. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 60, n. 2, p. 309-319, 1938.

CANEVAROLO JR., S. V. **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Germany, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

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

CARLOS, G. F.; MACHADO, K. T.; DELMIRO, T. M.; MACHADO, I. P.; MEDEIROS, M. F. D. Avaliação química, física e reológica do pó de graviola obtido a partir do processo de secagem de misturas de graviola e leite em secador de leite de jorro. **Anais... XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. Unicamp – Campinas – SP. 2015.

CARTER B.; WILLIAMS C.; DAVID B. **Transmission Electron Microscopy**. Cap. 10. Specimen Preparation. New York: Plenum Press, 1996.

CARVALHO, C. R. L.; ROSSETO, C. J.; MANTOVANI, D. M. B.; MORGANO, M. A.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto de Campinas comparadas a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 264-71, 2004.

CARVALHO, F. **Construção e avaliação de desempenho de um spray-dryer piloto**. UFLA, 2011. 167 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

CASTRO, A.G. A. **A química e a reologia no processamento de alimentos**. Lisboa: Ciência e Técnica, 2003. 295p.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento higroscópico da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 21, e2017121, 2018.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Avaliação dos parâmetros de secagem da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 20, 2017.

CAVALCANTI, O. A.; CÍCERI, L. Material de acondicionamento e embalagem primária: avaliação da permeabilidade ao vapor d'água. **Arquivo de ciência da saúde da UNIPAR**, Umuarama, v. 6. n.1. 2002.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: editora da Unicamp. 2003.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos** - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. p. 33-46.

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

CHEN, X. D.; OZKAN, N. Stickiness, functionality and microstructure of food powders, **Drying Technology**, London, v. 25. p. 969-979. 2007.

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

CONEGERO, J.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; MONTEIRO, A. R. G. Stability of 'mangaba' pulp powder obtained by freeze drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 9, p. 645-650, 2017.

Correia, F. V.; Mercante, F. M.; Fabrício, A. C.; Campos, T. M. P.; Vargas Júnior, E.; Langenbach, T. Adsorção de atrazina em solo tropical sob plantio direto e convencional. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.17, p.37-46, 2007.

COSTA, D. O.; CARDOSO, G. R.; SILVA, G. M. V. A evolução do setor produtivo e comercialização de polpa de fruta no brejo paraibano: estudo de caso na coaprodes. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: A gestão dos processos de produção e as parcerias globais para o desenvolvimento sustentável dos sistemas produtivos. **Anais...** Salvador – BA. 2013

COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. Cultivares. In: MOUCO, M. A. (Ed.). **O cultivo da mangueira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

COSTA, J. N.; FIGUEIREDO R. W.; SOUSA, P. H. M.; GONZAGA, M. L. C.; CONSTANT, P. B. L.; SOARES, D. J. Study of the stability of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) powder from organic farming. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina v. 34, p. 705-716, 2013.

COSTA, L. O.; JUNIOR, J. M. L.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; RODRIGUES, S.; WULITZER, N. J. Stability and microstructure of powdered pulp of the Palmer mango obtained by the process of lyophilisation. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 2, Apr./June 2019.

COSTA, M. G. P.; FIGUEIREDO, F. J.; SILVA, Q. J. *et al.* Carotenóides totais e caracterização cromática de polpas de frutos de genótipos de sirigueleiras cultivadas no banco de germoplasma do IPA. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão - JEPEX 2010 –UFRPE. **Anais...** Recife, Brasil, 2010.

CRUZ, H.; GONZALEZ, C.; JUÁREZ A.; HERRERA, M.; JUAREZ J. Quantification of the microconstituents formed during solidification by the Newton thermal analysis 60 method. **Journal of Materials Processing Technology**, Amsterdam, v. 178, n 1-3, p. 128-134, 2006.

DEDAVID, Berenice Anina; GOMES, Carmem Isse; MACHADO, Giovanna. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 60p.

DINIZ, Mayra Darliane Martins Silva. **Caracterização do comportamento reológico e determinação de propriedades termofísicas de polpa de manga Ubá**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2009.

DIÓGENES, A. M. G.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SOUSA, A. B. B. Análise comparativa de polpa de manga Haden integral e formulada. **Revista Agropecuária Técnica – AGROTEC**, Porto, v.36, n.1, p.30-34, 2015.

DITCHFIELD, Cynthia. **Estudo dos métodos para medida da atividade de água**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

DOGAN, M.; TOKER, O. S.; GOKSEL, M. Rheological behaviour of instant hot gums. **Food Biophysics**, Kaysery, v. 6, pp.512-518. 2011.

EISBERG, Robert Martin. **Fundamentos da Física Moderna**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1979. 643p.

ELER, J. F. C.; QUINTÃO, A. L.; FIGUEIREDO, E. A.; ANDRADE, N. A.; NASCIMENTO, R. A.; OLIVEIRA, T. P. Avaliação do teor de ácido ascórbico presentes nos sucos de caju natural, na polpa industrializada e na polpa desidratada. **Única Cadernos Acadêmicos**. Ipatinga, v. 2, n. 2, p. 1-9. 2016.

ESCUDEIRO, R. L.; FERREIRA, M. C. Avaliação de índices de escoabilidade de pós obtidos a partir da secagem de suspensões em leite de jorro. X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica. **Anais...** São Paulo: Blucher, v.1, n.1, p.312-317, 2014.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. D. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. S1, p. 109-120, 2011.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Encapsulation of polyphenols: a review. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, v. 21, n. 10, p. 510-523, 2010.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Caracterização da manga orgânica cultivar ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.9-14, 2009.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. 4^o edição, ARTMED Editora, São Paulo, 2019.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. 2^o ed. Porto Alegre: Artmed. p. 602. 2006.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, abr./jun. 2012.

FERREIRA, A. P. R.; SOUSA, S. L.; LIMA, D. M.; COSTA, J. M. C. Caracterização de polpa de cajá em pó obtida pelo método de secagem em leite de jorro. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...** Florianópolis-SC. 2014.

FERREIRA, A. P. R.; SOUSA, S. L.; LIMA, D. M.; COSTA, J. M. C. Caracterização de polpa de cajá em pó obtida pelo método de secagem em leite de jorro. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...** Florianópolis-SC. 2014.

FILHO, E. D. S.; FIQUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRASILEIRO, J. L. O. Variáveis físicas, químicas e reológicas da polpa integral da manga cv. haden. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 5, 2015.

FILHO, E. D. S.; OLIVEIRA, A. G. C.; MADUREIRA, I. A.; FAUSTINO, S. N. Estudo das análises químicas e físico-químicas da polpa da manga cv. Espada. In: VII CONNEPI Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, Tocantins. **Anais...** Palmas, 2012.

FILKOVÁ, I; MUJUMDAR, A. S. **Industrial Spray Drying Systems**. Chapter 9 In: Handbook of Industrial Drying, second edition, vol. 1, Ed. A. S. Mujumdar, pag. 263-308. 1995.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. **Powder Technology**, Ohio, v. 206, n. 1, p. 72-78, 2011.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 182p.

GALDINO, P. O.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; GALDINO, P. O.; FERNANDES, T. K. S. Stability of cactus-pear powder during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.2, p.169-173, 2016.

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

GALLI, J. A.; PALHARINI, M. C. A.; FICHER, I. H.; MICHELOTTO, M. D.; MARTINS, A. L. M. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de mangueira adubadas com boro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 358- 363, 2013.

GAVRIELIDOU, M.A., VALLOUS, N.A., KARAPANTSIOS, T.D., RAPHAELIDES, S.N. Heat transport to a starch slurry gelatinizing between the drums of a double drum dryer. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], v. 54, p. 45–58. 2002.

GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods. Soeborg, Denmark, 2003.

GERMANO, Livia Maria Lisboa Pessoa. **Métodos alternativos de secagem de banana verde**. 2016. 44f. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

GHARSALLAOUI, A., ROUDAUT, G., CHAMBIN, O., VOILLEY, A., & SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. **Food Research International**, [s.i.], v. 40, n. 9, p. 1107- 1121, 2007.

GOGUS, F.; MASKAN, M.; KAYA, A. Sorption isotherms of turkish delight. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 22, p. 345-357, 1998.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 384-389, 2004.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade de polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GONÇALVES, N.B.; CARVALHO, V.D.; GONÇALVES, J.R.A.; COELHO, S.R.M.; SILVA, T.G. Caracterização física e química dos frutos de cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 1 p. 72-78, 1998.

GORDON, M.; TAYLOR, J.S. Ideal copolymers and the second-order transitions of syntetic rubbers. I. Non-crystalline copolymers. **Journal of Applied Chemistry**, [s.i.], v. 2, n. 9, p. 493-500, 1952.

GOULA, A. ADAMOPOULOS, K. Effect of maltodextrina addition during spray dryin of tomato pulp in dehumified air: I. Drying kinetics and recovery. **Drying Technology**, London, v. 26, n. 6, p. 714-725, 2008.

GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], v. 85, p. 73-83, 2008.

GOULA, A.M.; ADAMOPOULOS, K.G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Germany, v. 11. n. 2. p. 342-351. 2010.

GREESPAN, L. Estudo do processo de aglomeração de pectina em leite fluidizado. **Jornal de Pesquisa do Nacional de Padrões A: Física e Química**, São Paulo, v. 81, n. 1, p, 89-96, 1977.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da Polpa de Graviola em Camada de Espuma – Desempenho do Processo e Características do Produto**. Natal: 2014, 86 p.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R.; IZIDORO, D. R.; MACIEL, G. M.; SCHEER, A. P.; MASSON, M. L. Comportamento reológico de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 225- 231, 2009.d

HARBONE, J.B.; WILLIANS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, [s.i.], v. 55, n. 6, p. 933-956, 2002.

HARNKARNSUJARIT, N.; CHAROENREIN, S. Effect of water activity on sugar crystallization and b-carotene stability of freeze-dried mango powder. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], v. 105, p. 592–598, 2011.

HENDERSON, S.M. A basic concept of equilibrium moisture. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 33, n. 1, p. 29-32, 1952.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, [s.i.], v. 27, p.42-49. 1962.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, [s.i.], v. 2, n. 4, p. 393-418, 1971.

HYMAVATHI, T. V.; KHADER, V. Carotene, ascorbic acid and sugar content of vacuum dehydrated ripe mango powders stored in flexible packaging material. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 181-192, 2005.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4^oed. Instituto Adolf Lutz, São Paulo, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisa/pam/default.asp?o=27. Acesso em: 11 de jul. 2018.

IQBAL, T.; FITZPATRICK, J. J. Effect of storage on the wall friction characteristics of three food powders. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], v. 72, p. 273-280, 2006.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], v. 63, p. 125-134, 2009.

JENIKE, A. W. **Storage and flow of silos**. Bulletin 123. Salt Lake City: University of Utah, 89p., 1964.

JENSEN, S.; GROSSMAN, M. V. E.; MALI, S. Microestrutura e estabilidade de filmes de amido de mandioca adicionados de emulsificantes com diferentes equilíbrios hidrofílico/lipofílico. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 97-105, abr./jun., 2009.

JEONG, H. Effects of voids on the mechanical strength and ultrasonic attenuation of laminated composites. **Journal composite materials**. Los Angeles, v. 31, p. 276, 1997.

JHA, S. N.; KINGSLY, A. R. P.; CHOPRA, S. Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], v. 72, n. 1, p. 73-76, 2006.

JOHNSON, S. B.; FRANKS, G. V.; SCALES, P. J.; BOGER, D. V.; HEALY, T. W. Surface chemistry- rheology relationships in concentrated mineral suspensions. **Internacional Journal of Mineral Processing**, [s.i.], v. 58, n. 1-4, p. 267-304, 2000.

JORGE, Aline. **Avaliação comparativa entre processos de secagem na produção de tomate em pó**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

JULIANO, P.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Food Powders Flowability Characterization: Theory, Methods, and Applications. **Annual Review of Food Science and Technology**, [s.i.], v. 1, n. 1, p. 211-239, 2010.

JÚNIOR, S. M. P.; DANTAS, S. C. M.; DELMIRO, T. M.; MEDEIROS, M. F. D. Secagem de polpas de frutas em leite de jorro. Efeitos da adição de leites vegetal e animal e da proteína isolada de leite no desempenho do processo e qualidade do produto em pó. Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...** São Paulo, 2015.

KARWOWSKI, M.S.M.; MASSON, M.L.; LENZI, M.K.; SCHEER, A.P.; HAMINIUK, C.W.I. Characterization of tropical fruits: rheology, stability and phenolic compounds. **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 42, n. 4, p. 586-598, 2013.

KITTEL, C. – **Introdução à Física do Estado Sólido**, Editora Guanabara Dois, quinta edição, 1978. 573p.

KRUMREICH, F.; D'AVILA, R. F.; FREDI, S. A.; CHAVES, F. C.; CHIM, J. F. Análises físico-químicas e estabilidade de compostos bioativos presentes em polpa de uvaia em pó obtidos por métodos de secagem e adição de maltodextrina e goma arábica. **Revista Thema**, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 4-17, 2016.

LAKSHMI, P.S. CHITRA, A., RAJENDRAN, S. Corrosion behavior of aluminum in rain water containing garlic extract, **Surface Engineering**, [s.i.], v. 21 n. 3, p. 229-231, 2015

LANCHA, J. P.; GERMER, S. P. M.; DALLA DEA, R. C.; FERRARI, C. C.; ALVIM, I. D. Desidratação de polpa de pitanga e jabuticaba em spray dryer: condições de processo e propriedades físico-químicas do pó. 6º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. **Anais...** Jaguariúna, SP, 2012.

LARA JÚNIOR, Jovan Marques. **Obtenção de polpa de manga (Mangifera indica L.) em pó pelo processo em spray-dryer**. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

LATINI, I. F. Cinética de degradação do ácido ascórbico em polpa congelada de manga Rosa. Universidade Estadual do Norte do Paraná/ Campus Luiz Meneghel. V Jornada de Iniciação Científica. **Anais...** São Paulo, 2015.

LEITE, J. T. C.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Transições de fases em alimentos: influência no processamento e na armazenagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 83-96, 2005.

LIMA, A. B. M.; DANTAS, S. C. de M.; JÚNIOR, S. M. P.; DANTAS, T. N. P.; MEDEIROS, M. F. D. Influência dos adjuvantes na secagem da polpa de pitanga em leite de jorro, Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...** São Paulo, 2017.

LIMA, Antônia Barbosa. **Qualidade de manga Tommy Atkins orgânica colhida sob boas práticas agrícolas, tratada com extrato de erva doce e fécula de mandioca**. 2007. 114f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evolution of food moisture sorption on isotherm equations. Part I: Fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, Germany, v. 18, n. 2, p. 111-117. 1984.

- LOPES NETO, J. P.; NASCIMENTO, J. W. B. DO; SILVA, V. R.; LOPES, F. F. M. Propriedade de fluxo e característica de escoabilidade de rações avícolas para dimensionamento de silos. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 851-859, 2007.
- LOPES NETO, J. P.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, V. R. Modelos de previsão do fluxo e vazão de descarga de produtos agrícolas. **Revista Educação Agrícola Superior**, Campina Grande, v. 27, n. 1, p. 54-58, 2012.
- LOPES NETO, J. P.; SILVA, V. R.; NASCIMENTO, J.W. B. do. Propriedades de fluxo de produtos pulverulentos alimentícios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 639-644, 2009.
- LOREVICE, M. V.; DE MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H. C. Nanocompósito de polpa de mamão e nanopartículas de quitosana para aplicação em embalagens **Química Nova**, São Paulo, v. 37, p. 931, 2014.
- LUCCA, T. A. Influência da temperatura do ar e concentração do encapsulante na secagem de polpa de jambolão por aspersão. XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** São Pedro, SP, 2015.
- LUNARDI, H.; ROSA, G. S. Estudo da influência da liofilização nos parâmetros de cor de frutas tropicais. Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. **Anais...** São Carlos, SP, 2015.
- MACHADO, A. K. T.; GURGEL, C. E. M. R.; de MEDEIROS M. F. D. Estudo de secagem das polpas de caju, goiaba, graviola e manga, pelo processo foam-mat, com e sem a adição de leite. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. **Anais...** Campinas, São Paulo, 2015.
- MARQUES, L. G.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 42, p. 1232 - 1237, 2009.
- MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J. de. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. São Paulo; ITAL, 1981, p. 9-241 (Série Frutas Tropicais, 8).
- MEDLICOTT A.P., THOMPSON A.K. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. [s.i.], v. 36 p. 561-566, 1985.
- MELO, P. T. S.; AOUADA, F. A.; MOURA, M. R. Fabricação de filmes bionanocompósitos à base de pectina e polpa de cacau com potencial uso como embalagem para alimentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 40, p. 247-251, 2017.
- MENDES-FILHO, N. E.; CARVALHO, M. P.; SOUZA, J. M. T. Determinação de macrocomponentes e nutrientes minerais da polpa de manga (*Mangifera indica* L.). **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1/2, 2014.

MESTRY, A. P.; MUJUMDAR, A. S.; THORAT, B. N. Optimization of Spray Drying of an Innovative Functional Food: Fermented Mixed Juice of Carrot and Watermelon. **Drying Technology**, London, v. 29, n. 10, p. 1121-1131, 2011.

METZNER, A. B.; REED, J. C. Flow of non-Newtonian fluids - correlations of laminar, transition and turbulent flow regions. **AIChE Journal**, New York, v. 1, n. 4, p. 434-40, 1955.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; BARBOSA, J. C.; MORGADO, C. M. A. Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 398-408, jun., 2013.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.

MODESTO JUNIOR, E. N.; SOARES, S. S.; GOMES, P. W. P.; RIBEIRO, C. F. A.; SILVA, R. M. V. Estudo do armazenamento da polpa do fruto ginja *Eugênia uniflora* L. e sua influência nos teores de ácido ascórbico e antocianinas. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 12, n. 6, 2016.

MOHSENIN; N. N. **Physical Properties of Plant and Animal Materials. Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties**. 2. Aufl. 891 Seiten, zahlr. Abb. und Tab. Gordon and Breach Science Publishers, New York u. a. 1986.

MOLINA, R.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, M. R. S.; VAGULA, J. M.; Physical Evaluation and Hygroscopic Behavior of Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) Lyophilized Pulp Powder. **Drying Technology**, London, v. 32, p. 2005-2011, 2014.

MONTES, C.; VICARIO, I. M.; RAYMUNDO, M.; FEET, R.; HEREDIA, F. J. Application of tristimulus colorimetry to optimize the extraction of anthocyanins from jaboticaba (*Myrcia jaboticaba* Berg). **Food Research International**, [s.i.], v. 38, n. 8-9, p. 983-988, 2005.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F. AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das Isotermas de Adsorção do Pó da Polpa de Manga Liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, p.1093-1098, 2013.

MOTA, J. D.; QUEIROZ, A. J. M.; FIQUEIREDO, R. M. F.; SOUSA, K. S. M. Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. **Comunicado Científico**, Bom Jesus, v.6, n.1, p.74-82, Jan./Mar. 2015.

MOURA NETO, L. G.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Adsorption isotherms of hog plum pulp powder obtained by pray dryer. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 37, n. 2, p. 273-277, 2015.

MULET, A.; GARCIA-PASCUAL, P.; SANJUAN, N.; GARCIA-REVERTER, J. Equilibrium Isotherms and isotheric heats of morel (*Morchella esculenta*). **Journal of Food Engineering**, [s.i.], London, v. 53, p. 75- 81, 2002.

MUNIZ, C. M.; REIS, B. S. R.; VIEIRA, V. F. Coliformes Totais e *Escherichia coli* em Polpas de Frutas Comercializadas no Sudoeste da Bahia. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, Jaboatão dos Guararapes, v.11, n. 35. Maio/2017.

MURUGESAN, R.; ORSAT, V. Spray Drying for the Production of Nutraceutical Ingredients-A Review. **Food Bioprocess Technology**, [s.i.], v. 8 p. 1-12. 2011.

NETA, N.; GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S.; GONÇALVES, L.; RODRIGUES, L. Potencial estabilizante de éster de sacarose em suco de graviola (*Annona muricata*, l.). XI Simpósio de Hidrólise Enzimática de Biomassa. **Anais...** Fortaleza, 2015.

NOBREGA, E. M.; OLIVEIRA, E. L.; GENOVESE, M. I.; CORREIA, R. T. P. The impact of hot air drying on the physical- chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola residue. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s.i.], v. 39, n. 2, p. 131-141. 2015.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006.

OLIVEIRA, A. R. D. *et al.* **Cultivo da mangueira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. 111p.

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 147–153, 2015.

Oliveira, G. H. H. de; Corrêa P. C.; Santos, F. L.; Vasconcelos, W. L.; Calil Júnior, C.; Baptestini, F. M.; Vargas-Elías, G. A. Caracterização física de café após torrefação e moagem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 1813-1828, jul./ago. 2014

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**, Campina Grande, v. 18, n. 10, p. 1059–1064, 2014.

OLIVEIRA, L. M.; QUEIROZ, G. C. **Embalagens Plásticas Rígidas: principais polímeros e avaliação da qualidade**, CETEA/ITAL: Campinas. p.372. 2008.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK P. R. Secagem por aspensão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 20. p. 641-650. 2010.

OSORIO, C.; ACEVEDO, B.; HILLEBRAND, S.; CARRIAZO, J.; WINTERHALTER, P.; MORALES, A. L. Microencapsulation by spray drying of anthocyanin pigments from corozo (*Bactris guineensis*) fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 11, p. 6977-6985, 2010.

PAGLARINI, C. D. S.; SILVA, F. S. D.; PORTO, A. G., PIASSON, D.; SANTOS, P. D. Histerese das isotermas de sorção da polpa de manga (*Mangifera indica* L.)

variedade manteiga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 299-305, 2013.

PEDRO, M. A. M. **Influência de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá em pó**. 2009. 204 f. Tese (doutorado em biociência) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30., n. 4, p. 993-1000, out./nov., 2010.

PÉREZ-ALONSO, C.; BERISTAIN, C. I.; LOBATO-CALLEROS, C.; RODRÍGUESHUEZO, M. E.; VERNON-CARTER, E. J. Thermodynamic analysis of the sorption isotherms of pure and blended carbohydrate polymers. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], v. 77, p. 753-760, 2006.

PHISUT, N. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 19, n. 4, p. 1297-1306, 2012.

PINTO, Marcos Roberto Moacir Ribeiro. **Obtenção de extrato de carotenoides de polpa de pequi encapsulados pelo método de secagem em camada de espuma**. 2012. 86 f. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2012.

QUINTON, L. A.; KENNEDY, J. F. **American association of cereal chemists**. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 9. ed. Saint Paul: v. 2. 1995.

RÉ, M. I.; HIGA, M. Influência das propriedades físicas de uma solução nas propriedades do produto seco obtido em spray dryer. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados (XXIII ENEMP). **Anais...** Maringá-PR, 1995. v.1, p.413-420.

REIS, D. S.; FIGUEIREDO NETO, A.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, p.1-7, 2017.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Isotermas e calor isostérico de sorção do feijão. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 626-631, 2006.

RIBEIRO, E. P.; SEVARALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2007.

RIBEIRO, L. C.; COSTA, J.; AFONSO, M. R. Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp powder. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 3, p. 269-274, 2016.

- RIBEIRO, Luciana Carneiro. **Produção de acerola em pó: métodos de secagem e avaliação da estabilidade**. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- RIBEIRO, Sônia Machado Rocha. **Caracterização e avaliação do potencial antioxidante de manga (*Mangifera indica* L.) cultivadas no Estado de Minas Gerais**. 2006. 166 f. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C.; TRINDADE, D. C. G.; NETO, F. P. L.; RISTOW, N. C. Quality and bioactive compounds in fruit of foreign accessions of mango conserved an active germplasm bank. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 117- 125, 2015.
- RIZVI, S. S. H.; **Thermodynamic properties of foods in deshydration, Engineering Properties of Foods**, New York: Academic Press, 1995.
- ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Mathematical modeling for isotherms of mango pulp powder, obtained by atomization. **Journal of Encapsulation and Adsorption Science**, [s.i.], v. 4, n. 01, p. 8-14, 2014.
- ROCHA, E. M. F. F.; SOUZA S. L.; COSTA, J. P.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Obtenção de suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 646–651, 2014.
- Rodriguez-Amaya, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. 1ª edição. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. São Paulo. 2001.
- RODRIGUEZ-BERNAL, J. M.; FLORES-ANDRADE, E.; LIZARAZO-MORALES, C.; BONILLA, E.; PASCUAL-PINEDA, L. A.; GUTIERREZ-LOPES, G. moisture adsorption isotherms of the borjô fruit and gum arabic powders. **Food and Bioproducts Processing**, [s.i.], v. 94, p. 187-198, 2015.
- ROOS, Y. H. Importance of glass transitions weight carbohydrates of low molecular. **Carbohydrates Research**, [s.i.], v. 238, p. 39-48, 2002.
- ROSS, Y.; KAREL, M. Water and Molecular Weight Effects on Glass Transitions in Amorphous Carbohydrates and Carbohydrate Solutions. **Journal of Food Science**. [s.i.], v. 56, n. 6, p. 1676-1681 1991.
- RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Tradução de Márcia Guekezina *et al.* v. 1, 2 ed. São Paulo. Makron Books do Brasil, p. 409-416, 1994.
- SAIKIA, S.; MAHNOT, N. K.; MAHANTA, C. L. Effect of spray drying of four fruit juices on physicochemical, physicochemical and antioxidante properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s.i.], v.39, p. 1656- 1664, 2015.
- SANTOS, A. A. C.; FLORÊNCIO, A. K. G. D.; ROCHA, E. M. F. F. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 508-514, jul-set, 2014

SANTOS, A. A. C.; FLORÊNCIO, A. K. G. D.; ROCHA, E. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Physicochemical evaluation and hygroscopic behavior of powdered guava obtained by spray drying. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 508-514, 2014.

SANTOS, D. C.; ROCHA A. P. T.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, E. N. A.de; ALBUQUERQUE, E. M. B.; ARAUJO, G. T. Storage of 'umbu-caja' pulp powder produced by lyophilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1118-1123, 2016.

SANTOS, F. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, D. C. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed 'pitaya' peels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 12, p. 872-877, 2017.

SANTOS, L. C.; CONDOTTA, R.; FERREIRA, M. C. Obtenção e análises das propriedades de fluxo de açúcares. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...** Fortaleza –CE, 2016.

SAXENA, A.; MAITY, T.; RAJU, P. S.; BAWA, A. S. Degradation kinetics of Colour and total carotenoids in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Bulb Slices During Hot Air Drying. **Food and Bioprocess Technology**, [s.i.], v. 5, p. 672-679, 2012.

SCHIEBER, A.; ULLRICH, W.; CARLE, R. Characterization of polyphenols in mango puree concentrate by HPLC with diode array and mass spectrometric detection. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s.i.], v. 1, p. 161-166, 2000

SCHUBERT, H. Food Particle Technology. Part I: Properties of Particles and Particulate Food Systems. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], v. 6, p. 1-32, 1987.

SEBRAE. **Fruticultura**. Boletim da Inteligência, agosto, 1-5, 2016. Acesso em: www.sebraemercados.com.br/fruticultura. Disponível em 05/06/2017.

SHAW, D. J. **Introdução a química dos colóides e de superfícies**, 1º edição, Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1995.

SILVA, D. F. B.; SIQUEIRA, D. L.; ROCHA, A.; SALOMÃO, L. C. C.; MATIAS, R. G. P.; STRUIVING, T. B. Diversidade genética entre cultivares de mangueiras, baseada em caracteres de qualidade dos frutos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 225-232, mar/abr, 2012.

SILVA, D. F. P.; MATIAS, R. G. P.; SILVA, J. O. C.; CREMASCO, J. P. G.; SALAZAR, A. H.; BRUCKNER, C. H. Alterações nos níveis de antioxidantes em polpa de manga. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 26-31, Dezembro, 2014.

SILVA, D. F. P.; SIQUEIRA, D. L.; PERREIRA, C. S.; SALOMÃO, L. C. C.; STRUIVING, T. B. Caracterização de frutos de 15 cultivares de manga na Zona da Mata mineira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 783-789, nov/dez, 2009.

- SILVA, F.; PARK, K. J.; MAGALHÃES, P. M. Isotermas de dessecção de *Calendula officinalis* L.: determinação experimental e modelagem matemática. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 21-28, 2007.
- SILVA, P. C. G.; COELHO, R. C. **Socioeconomia**. In: MOUCO, M. A. (Ed.). O cultivo da mangueira. Petrolina: Embrapa Semiárido, 87p. 2010.
- SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba, São Paulo: FEALQ, p. 760, 1998.
- SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; DOLAN, K. D. Total phenolics, carotenoids and antioxidante properties of Tommy Atkins mango cubes as affected by drying techniques. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 62, p. 564-568, 2015.
- SOUSA, K. S. M.; FIQUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoya em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, July/Sept. 2015.
- SOUSA, S. L.; MORAIS, B. A.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C. Stability of cashew apple juice in powder dehydrated in spouted bed. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 20, n. 7, July, 2016.
- SOUZA, A. L. R.; RODRIGUES, F. M.; SILVA, G. V.; SANTOS, R. R. Microencapsulação de sucos e polpas de frutas por spray drying: uma revisão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.17, n.3, p.327-338, 2015.
- STAFFORD, A. E. **Mango** In: CHAN, H. T. J. (ed.) Handbook of Tropical Foods. New York: Marcel Dekker, p. 399-431, 1983.
- STAUDINGER, G.; HANGL, M. Agglomertion and solution of particles during sedimentation analysis. **Particles and Particle Systems Characterization**. [s.i.], n.7, p. 144-151, 1990.
- STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. 2^a ed. Michigan State Unversity: East Lansing, MI : Freeman Press, 1996.
- SYAMALADEVI, R. M., SABLANI, S. S., TANG, J., POWERS, J., SWANSON, B. G. State diagram and water adsorption isotherm of raspberry (*Rubus idaeus*). **Journal of Food Engineering**, [s.i.], p. 460–467, 2009.
- TELIS-ROMERO, J.; KOHAYAKAWA, M. N.; SILVEIRA JÚNIOR, V.; PEDRO, M. A.M.; GABAS, A. L. Enthalpy-entropy compensation based on isotherms of mango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, p. 293-303, 2005.
- TONON, R. V.; BARONI, A. F.; BRABET, C.; GIBERT, O.; PALLET, D.; HUBINGER, M. D. Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. **Journal of Food Engineering**, [s.i.], Davis, v. 94, p. 215-221, 2009.
- TONON, R. V.; GROSSO, A. R. F.; HUBINGER, M. D. Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. **Food Research International**, [s.i.], v. 44, p. 282-289. 2011.

- TRINDADE, M. A., GROSSO, C. R. F. The stability of ascorbic acid microencapsulated in granules of rice starch and in gum arabic. **Journal of Microencapsulation**, London, v. 17, p. 169-176. 2000.
- VASCONCELOS, M. A. S. **Conservação de alimentos**. Recife: EDUFRPE, 130 p. 2010.
- VAZQUEZ-SALINAS, C. LAKSMINARAYANA, S. Composition changes in mango fruits during ripening at different storage temperatures. **Journal of Food Science**, [s.i.], v. 50, n. 6, p. 1646-1648, 1985.
- VETUCCI, J. P.; CALDERAN, A. N.; BERALDO, P. E. P. Manga. **MarkEsalq**, Piracicaba, a. 4, n. 16, p. 1-3, 2016.
- VIDAL, M. F.; XIMENES, L. J. F. Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor de produção e comercialização. **Caderno Setorial ETENE**, Recife, v. 1, n. 2, p. 18-26, 2016.
- VIEIRA, A. H.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Sergipe, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.
- VINCENZI, R. **Apostila de análise de alimentos da (UNIJUI, RS)** Química Industrial de Alimentos, 2009. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/7164422/Apostila-de-Analise-de-Alimentos>. Acesso em: 27 abr. 2012.
- VRIESMANN, Lucia Cristina. **Extração, caracterização e aspectos reológicos de polissacarídeos da polpa dos frutos de *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçu)**. 2008. 118f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- WANG, Y.; WANG, L. Structures and Properties of Commercial Maltodextrins from Corn, Potato, and Rice Starches. **Starch Journal**, Weinheim, v. 52, p. 296–304, 2000.
- WILKOWSKA, A.; AMBROZIAK, W.; CZYŻOWSKA, A.; ADAMIEC, J. Effect of microencapsulation by spray-drying and freeze-drying technique on the antioxidant properties of blueberry (*Vaccinium myrtillus*) juice polyphenolic compounds. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, Olsztyn, v. 66, n. 1, p. 11-16, 2016.
- ZILBERBOIM, R.; KOPELMAN, I. J.; TALMON, Y. Microencapsulation by a dehydrating liquid: retention of *Paprika oeloresin* and aromatic esters. **Journal of Food Science**, [s.i.], v. 51, n.5, p.1301-1306, 1986
- ZOTARELLI, M. F. **Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem**. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis: SC, 2014.
- ZOTARELLI, M. F.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by refractance window. **Food Research International**, [s.i.], v. 69, p. 410-417, 2015.

ZOTARELLI, M. F.; SILVA, V. M.; DURIGON, A.; HUBINGER, M. D.; LAURINDO, J. B. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. **Powder Technology**, Ohio, v. 305, p. 447–454, 2017.