



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL

CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

PATRICIA OPATA

**DESIDRATAÇÃO DA POLPA DE GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg)
POR DIFERENTES PROCESSOS E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DOS
COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES**

LARANJEIRAS DO SUL

2016

PATRICIA OPATA

**DESIDRATAÇÃO DA POLPA DE GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg)
POR DIFERENTES PROCESSOS E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DOS
COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado
como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da
Fronteira Sul

Orientador: Prof.º Dr.º Luciano Tormen

LARANJEIRAS DO SUL

2016

PATRICIA OPATA

**DESIDRATAÇÃO DA POLPA DE GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa*
Berg) POR DIFERENTES PROCESSOS E AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS
BIOATIVOS PRESENTES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras do Sul-PR.

Orientador: Professor Dr. Luciano Tormen

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 03 / 02 / 2012

BANCA EXAMINADORA

Luciano Tormen

Prof. Dr. Luciano Tormen

Larissa C. Bertan

Prof.^a Dr.^a Larissa Canhadas Bertan

Leda Battestin Quast

Prof.^a Dr.^a Leda Battestin Quast

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Opata, patricia

Desidratação da polpa de guabiroba (*Campomesia xanthocarpa* Berg) por diferentes metodos e avaliação dos compostos bioativos presentes/ patricia opata. -- 2016. 72 f.:il.

Orientador: Luciano Tormen.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia de Alimentos , Laranjeiras do Sul, PR, 2016.

Universidade Federal da Fronteira Sul.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela coragem e força durante todos esses anos de caminhada.

A Universidade Federal da Fronteira Sul, que oportunizou e abriu a janela de um horizonte superior que hoje vislumbro em minha vida.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia de Alimentos, que de maneira direta ou indireta contribuíram na minha vida acadêmica e na elaboração deste trabalho.

Gostaria de agradecer, de forma particular, ao coordenador do curso de Engenharia de Alimentos, prof.º Dr.º Ernesto Quast, pelos momentos de apoio e principalmente pela sabedoria, paciência e competência com que conduziu e conduz o seu trabalho e cargo de coordenador.

A banca avaliadora, prof.^a Dr.^a Leda Quast e a prof.^a Dr.^a Larissa Canhadas Bertan, por aceitarem tão gentilmente o convite e também pela ajuda durante a realização deste trabalho.

A prof.^a Larissa, ainda gostaria de agradecer pela sincera amizade e pelas tantas conversas no decorrer desses últimos anos, todas foram de extrema importância para o meu crescimento pessoal e profissional, você foi mais que professora, foi a pessoa que me inspirou a buscar o melhor de mim! Desejei a sua participação na banca examinadora deste trabalho desde o princípio, pois ser avaliada por você é uma honra para mim.

Em especial, também gostaria de agradecer ao professor com quem compartilhei o que seria o broto, e que mais tarde veio a se tornar este trabalho, meu orientador, prof.º Dr.º Luciano Tormen, a você devo um agradecimento mais que especial, pelos ensinamentos, pelo suporte, pela paciência, incentivo e principalmente pela confiança que me coube ao longo da realização das atividades, trabalhar junto com você me tornou uma pessoa muito mais dedicada e organizada.

Aos meus pais Ivo e Silvana, que tanto torceram para que este dia chegasse, obrigada por cada incentivo, pelas orações ao meu favor, pela preocupação. Obrigado por estarem ao meu lado sempre! Porque vocês sempre me apoiaram para que eu não desistisse de caminhar, e hoje eu sei, que mesmo a passos lentos, é preciso caminhar para chegar a algum lugar. Amo vocês!

A minha irmã Tati e ao meu cunhado Paulo, pelas conversas de sempre, pelo continuo incentivo, pela convivência diária, lutando junto comigo durante esses anos de caminhada, obrigada pela companhia de sempre! E também devo agradecer a minha linda sobrinha, Leticia, pelo simples fato de você existir, pelo seu carinho e pela forma com que me consolava quando eu estava desanimada, você é a menina mais linda e meiga que conheço.

Aos meus amigos e colegas da vida, Jéssica, Josi e Eleodir, pelas brincadeiras, momentos de descontração, pelas caronas, pelo ombro amigo, que tantas vezes precisei.

Aos meus colegas de turma, pelo companheirismo, todos vocês conquistaram um espaço único dentro do meu coração, mas em especial, gostaria de agradecer a Cris, Sandra e Soli, que caminharam comigo desde o primeiro ano até o último, tenho certeza que a nossa amizade vai durar a vida toda, vocês foram a melhor parte de todos esses anos de engenharia.

A todos vocês, e mesmo aqueles que não estão aqui citados, mas que de alguma forma participaram, a minha eterna gratidão, com certeza todos contribuíram para a conclusão desta etapa na minha vida, muito obrigada!

“Ama-se mais o que se conquista com esforço.”

(Benjamin Disraeli)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi obter polpa de guabiroba desidratada por três diferentes processos, em estufa com circulação e renovação de ar, estufa sem circulação de ar e em liofilizador, utilizando como agente carreador a maltodextrina. Inicialmente foi determinado, a partir de um estudo preliminar, quais seriam as melhores concentrações do agente carreador (0, 10, 20, 30 e 40% (m/m)) e qual seria a melhor temperatura de secagem para as estufas (50, 60 e 70°C). As propriedades analisadas para o produto desidratado nas condições pré-estabelecidas foram umidade, atividade de água, cor, concentração dos compostos bioativos (ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides), acidez titulável total, solubilidade e tempo de reconstituição. A concentração do agente carreador e a temperatura de secagem estabelecida foi de 20% (m/m) e 60°C respectivamente, em virtude da amostra apresentar melhores condições visuais e de manuseio, bem como, maior conservação dos compostos bioativos e coloração das amostras. Os resultados ainda demonstraram que o pó obtido pelo processo de liofilização apresentou um tom de coloração próximo ao amarelo e as amostras secas em estufa com e sem circulação de ar apresentaram coloração alaranjado/marrom, sendo que todos os processos de secagem estudados obtiveram diferença significativa de coloração (ΔE) em relação a amostra *in natura*. Para os três processos, a aparência do pó foi considerada solta com textura pegajosa. Observou-se também que os pós apresentaram boa solubilidade (74, 73 e 81%) e um tempo de reconstituição de 312, 375 e 255 segundos, para as amostras desidratadas em estufa com e sem circulação de ar e liofilizadas, respectivamente. O teor de umidade da polpa de guabiroba em pó com 20% de maltodextrina variou entre 7,3% a 8,2% e a atividade de água 0,31 a 0,35, esses valores foram alcançados após um tempo de secagem de 16 (estufa com circulação), 24 (sem circulação) e 48 horas (liofilização). Em relação aos compostos bioativos, ao comparar o produto antes e após as secagens, ficou claro o impacto, no entanto, apesar das perdas observadas, os pós de guabiroba apresentaram uma boa concentração de compostos retidos nas amostras liofilizadas, seguidas das amostras desidratadas em estufa com e sem circulação de ar, para o ácido ascórbico o índice de retenção foi de 12,1; 2,5 e 3,5%, para os compostos fenólicos, 59,2; 17,1 e 25,5% e para os carotenoides 42,7; 6,2 e 5,3%, respectivamente. O estudo durante o armazenamento do pó de guabiroba revelou um decréscimo significativo nas concentrações dos compostos bioativos, principalmente nas amostras liofilizadas, porém, mesmo assim, avaliando os resultados em conjunto, o produto mostra-se com potencial tecnológico e bioativo elevado, podendo ser usado como ingrediente na indústria alimentícia. De modo geral a secagem demonstrou ser uma excelente estratégia para melhorar a utilização da polpa de guabiroba, evitando o alto desperdício deste alimento e contribuindo na promoção e valorização dessa matéria prima regional, tornando-se uma fonte de renda extra para pequenos agricultores.

Palavras- chave: Guabiroba em pó. Secagem. Liofilização. Estufa. Compostos bioativos.

ABSTRACT

The objective of this work was to obtain the pulp of guabiroba dehydrated by three different processes, in a heater with circulation and air renewal, heater without air circulation and in lyophilizer, using as a carrier maltodextrin. It was initially determined from a preliminary study which were the best concentrations of the carrier agent (0, 10, 20, 30 and 40% (m / m)) and what would be the best drying temperature for the heater (50, 60 and 70°C), evaluating the quality of the physical and physical-chemical characteristics of the final product. The properties analyzed for the dehydrated product under the pre-established conditions were moisture, water activity, color, concentration of bioactive compounds (ascorbic acid, phenolic compounds and carotenoids), total titratable acidity, solubility and reconstitution time. The concentration of the carrier agent and the set drying temperature was 20% (m / m) and 60°C respectively, this choice was justified because this sample had better visual and handling conditions, as well as greater conservation of the bioactive compounds and coloration of samples. The results showed that the powder obtained by the lyophilization process had a coloring hue close to yellow and the dried samples in heater with and without air circulation was orange / brown chlorination, and all the drying processes studied obtained a significant difference of (ΔE) relative to the in natural sample. In general, for all three processes, the appearance of the powder can be considered loose with sticky texture. It was also observed that the powders presented good solubility (74, 73 and 81%) and a reconstitution time of 312, 375 and 255 seconds, for samples dehydrated in heater with and without circulation and air and Lyophilized, respectively. The moisture content of the guabiroba pulp powder with 20% maltodextrin ranged from 7.3% to 8.2% and the water activity from 0.31 to 0.35, these values were reached after a drying time of 16 (air circulation), 24 (no air circulation) and 48 hours (lyophilization). Regarding the bioactive compounds, when comparing the product before and after drying, the impact was clear, however, despite the observed losses, guabiroba powders presented a good concentration of retained compounds in the lyophilized samples, followed by samples dehydrated in an oven with and without air circulation, for ascorbic acid the retention index was 12.1; 2.5 and 3.5%, for the phenolic compounds, 59.2; 17.1 and 25.5% and for carotenoids 42.7; 6.2 and 5.3%, respectively. The study during the storage of guabiroba powder showed a significant decrease in the concentrations of bioactive compounds, especially in lyophilized samples, however, even though, evaluating the results together, the product shows high technological and bioactive potential and can be used as an ingredient in the food industry. In general, drying proved to be an excellent strategy to improve the use of guabiroba pulp, avoiding the high wastage of this food and contributing to the promotion and appreciation of this regional raw material, becoming a source of income for small farmers.

Key words: Guabiroba powder. Drying. Lyophilization. Heater. Bioactive compounds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Guabiroba (<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg)	16
Figura 2 - Curvas de secagem da formulação elaborada com a polpa de guabiroba e 20% de maltodextrina nas temperaturas 50, 60 e 70°C em estufa de secagem sem circulação de ar forçada.	38
Figura 3 - Curvas de atividade de água na polpa de guabiroba em função do tempo de secagem para as temperaturas de 50, 60 e 70°C em estufa de secagem sem circulação de ar forçada.	39
Figura 4 - Umidade da polpa de guabiroba em função da atividade de água para as temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.	40
Figura 5 - Cinética de secagem da polpa de guabiroba realizada em estufa de secagem com e sem circulação de ar forçada e em liofilizador.	44
Figura 6 - Curvas de atividade de água da polpa de guabiroba em função do tempo de secagem para os diferentes equipamentos.	46
Figura 7 - Curvas de comportamento do parâmetro L* durante a secagem da guabiroba em função do tempo de secagem para os diferentes equipamentos.	47
Figura 8 - Curvas de comportamento do parâmetro a* durante a secagem da guabiroba em função do tempo de secagem para os diferentes equipamentos.	48
Figura 9 - Curvas de comportamento do parâmetro b* durante a secagem da guabiroba em função do tempo de secagem para os diferentes equipamentos.	49
Figura 10 - Fotografias da polpa de guabiroba <i>in natura</i> e em pó com 20% de maltodextrina, obtidos a partir da secagem em estufa com e sem circulação de ar forçado e pelo processo de liofilização.	55
Figura 11 - Microscopia óptica com aumento de 1x dos pós de guabiroba obtido por secagem em estufa com e sem circulação de ar forçado e por liofilização.	58
Figura 12 - Fotografias das polpas de guabiroba em pó com 20% de maltodextrina, reconstituída.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas e químicas da polpa de guabiroba <i>in natura</i>	33
Tabela 2 - Medidas de cor e de atividade de água das polpas de guabiroba com diferentes concentrações de maltodextrina após 48 horas de secagem em estufa sem circulação de ar forçada.	36
Tabela 3 - Resultados das análises de acidez titulável total, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos para as polpas de guabiroba secas em estufa sem circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.	41
Tabela 4 - Medidas de cor das polpas de guabiroba secas nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.	42
Tabela 5 - Resultados da concentração do ácido ascórbico (mg /100 g) na polpa de guabiroba antes, durante e após as secagens.	50
Tabela 6 - Resultados da concentração dos compostos fenólicos (mg /100 g) na polpa de guabiroba antes, durante e após as secagens.	51
Tabela 7 - Resultados da concentração dos carotenóides (mg /100 g) na polpa de guabiroba antes, durante e após as secagens.	51
Tabela 8 - Resultados da acidez titulável total (g de ácido cítrico/100 g) na polpa de guabiroba antes, durante e após as secagens.	52
Tabela 9 - Parâmetros de cor da polpa de guabiroba em pó para os três processos.	54
Tabela 10 - Umidade, atividade de água, solubilidade e tempo de reconstituição dos pós de polpa de guabiroba obtido pelos três processos de secagem.	56
Tabela 11 - Resultados das análises de acidez titulável total, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos para o produto em pó obtido através de três processos distintos.	60
Tabela 12 - Porcentagem de retenção dos compostos bioativos e acidez titulável total para os pós de guabiroba em relação a polpa <i>in natura</i>	60
Tabela 13 - Concentração dos compostos fenólicos totais, ácido ascórbico, carotenoides e acidez titulável nos pós de guabiroba obtido pela secagem em estufa com circulação de ar, estufa sem circulação de ar e liofilização, durante o armazenamento.	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	15
1.1.1. Objetivo geral	15
1.1.2. Objetivo específico	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. GUABIROBA (<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg)	16
2.2. SECAGEM EM ALIMENTOS	18
2.2.1. Secagem em estufa	19
2.2.2. Secagem por liofilização	20
2.3. AGENTES CARREADORES DE SECAGEM	20
2.3.1. Maltodextrina	21
2.4. COMPOSTOS BIOATIVOS NOS ALIMENTOS	22
2.4.1. Vitamina C	22
2.4.2. Compostos fenólicos	23
2.4.3. Carotenoides	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1. MATERIAL	25
3.1.1. Matéria prima	25
3.1.2. Reagentes	25
3.1.3. Equipamentos	25
3.2. MÉTODOS	26
3.2.1. Caracterização da polpa <i>in natura</i>	26
3.2.2. Processamento da matéria prima	26
3.2.3. Ensaio preliminares	26
3.2.3.1. Determinação da concentração do agente carreador	26
3.2.3.2. Determinação da temperatura de secagem para as estufas	26
3.2.4. Processamentos de secagem para obtenção dos pós	27
3.2.4.1. Secagem em estufa com e sem circulação de ar forçada	27
3.2.4.2. Secagem por liofilização	27
3.2.5. Estudo da cinética de secagem	28
3.2.6. Análises físicas e químicas da polpa de guabiroba em pó	28
3.2.7. Determinação da cor	28
3.2.8. Determinação da Vitamina C	29
3.2.9. Determinação dos compostos fenólicos	29
3.2.10. Determinação dos carotenoides	30

3.2.11.	Ácido total titulável.....	30
3.2.12.	Cálculo da retenção de compostos bioativos	30
3.2.13.	Solubilidade	31
3.2.14.	Tempo de reconstituição	31
3.2.15.	Avaliação da estabilidade de estocagem.....	31
3.2.16.	Análise estatística	32
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.2.	CARACTERIZAÇÃO DA POLPA <i>IN NATURA</i>	33
4.3.	ENSAIOS PRELIMINARES.....	35
4.3.1.	Determinação da concentração do agente carreador	36
4.3.2.	Determinação da temperatura de secagem para as estufas.....	37
4.4.	ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM.....	42
4.4.1.	Avaliação do comportamento da cor durante o processamento de secagem.....	46
4.4.2.	Avaliação da retenção dos compostos bioativos durante a secagem.....	50
4.5.	AVALIAÇÃO DA POLPA DE GUABIROBA EM PÓ.....	53
4.5.1.	Cor.....	53
4.5.2.	Umidade, atividade de água, solubilidade e tempo de reconstituição	56
4.5.3.	Conteúdo total dos Compostos Bioativos e acidez titulável	59
5.	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1. INTRODUÇÃO

O conceito de alimentação vem mudando ao longo dos anos, surgindo assim a preocupação mundial e a ideia de alimentação saudável. A mídia é a principal difusora deste conceito, isso porque ela vem divulgando através de programas educativos e propagandas os benefícios de uma dieta adequada. A valorização deste tipo de alimento é fundamentada por estudos e pesquisas que mostram uma grande relação entre a dieta e o risco de enfermidades como, obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares e alguns tipos de cânceres. (KRIS-ETHERTON et al., 2002).

O potencial funcional atribuído aos alimentos está diretamente ligada a presença de compostos bioativos em sua constituição. Dentro deste contexto as frutas têm sido estudadas por serem fontes importantes de carboidratos, minerais, vitaminas e fibras, além de compostos fitoquímicos que desempenham atividade antioxidante. Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF, 2012), o Brasil produz, em média, cerca de 43 milhões de toneladas de frutas por ano. Com esse saldo o País fica atrás apenas da China e da Índia. Além do mercado consumidor interno, existe hoje, um mercado externo acessível à fruticultura brasileira de 28,3 milhões de toneladas.

O Brasil, sendo país tropical, tem uma enorme diversidade de frutos comestíveis que ainda são pouco ou quase não explorados. Esse potencial não explorado está relacionado aos frutos nativos, que sensorialmente são aceitos, porém ainda não estão sendo aproveitados comercialmente (LAGO, SILVA 2006).

Para a maioria das plantas nativas ainda não existem tecnologias de cultivos, produção e de comercialização, portanto sua exploração ainda ocorre de maneira, quase que exclusivamente, extrativista nas áreas de ocorrência natural (MEDAETS et al., 2007). Esses frutos nativos podem apresentar grande importância, pois podem contribuir para diversificar a fruticultura de determinada região, de forma a introduzi-la no mercado como novas opções para fins industriais e comerciais, além de contribuir com o combate à fome e a desnutrição infantil permitindo uma maior oferta de alimentos em quantidade e qualidade (MARTINS; SANTELLI; FIGUEIRAS, 2006).

Dentre as plantas nativas existentes no Brasil, as Myrtaceae apresentam-se com 23 gêneros e aproximadamente 1000 espécies, sendo que dentro dessas opções existe a *Campomanesia xanthocarpa* Berg. Seus frutos (guabiroba) apresentam consumo restrito a forma *in natura* pela população local, devido a sua elevada perecibilidade e falta de conhecimento e interesse na aplicação de tecnologias no seu processamento. Embora a

guabiroba apresente potencial nutricional elevado, é pouco aproveitada como matéria prima para agroindústrias ou indústrias de alimentos. (LORENZI, 2002).

Com tais evidências, percebe-se a importância de uma adequada estratégia de aproveitamento comercial a longo prazo. Uma das opções é o processamento na forma de secagem/desidratação desta fruta, tornando-a apta ao consumo e a utilização como matéria prima, não apenas na sua época de produção, mas durante todo o ano. (SILVA, 2011). No entanto, no caso de alimentos, muitas indústrias têm rejeitado produtos secados a alta temperatura, pois ocorre uma redução no seu valor nutricional, bem como teor de compostos bioativos, além de perder qualidade em termos de cor e textura. (FERREIRA, 2004). Hiranvarachat et al. (2008) menciona que este método, secagem por ar quente, é o método mais utilizado na indústria de alimentos, embora seja o que mais acarrete degradações nos aspectos nutricionais dos alimentos.

Diante da complexidade do problema, o presente trabalho elaborou a seguinte questão-problema: Quais seriam os melhores métodos para a secagem de polpa de guabiroba considerando a estabilidade dos compostos bioativos naturalmente presentes na fruta? Para responder esta questão, definiu-se como objetivo avaliar três diferentes processos de secagem para obtenção de polpa de guabiroba em pó.

Portanto, esta pesquisa se justifica pela constatação de poucos trabalhos científicos publicados sobre a guabiroba, principalmente envolvendo assuntos sobre as estratégias de aproveitamento comercial e industrial, bem como métodos adequados de armazenamento e processamento deste produto.

Justifica-se ainda, pela verificação do crescente aumento da demanda de alimentos mais saudáveis, funcionais, com maior teor de fibras, vitaminas e minerais, característicos em frutas nativas, além de promover a valorização das matérias primas regionais, uma vez que a comercialização de produtos como a guabiroba podem se tornar uma fonte de renda extra para pequenos agricultores, fomentando ao mesmo tempo a preservação da flora nativa.

Chung, (2016) e Breda (2011) em suas dissertações de mestrado obtiveram os pós da polpa de guavira (guabiroba) desidratada. Breda (2011) avaliou a cor e a concentração de ácido ascórbico presente nas amostras secas, utilizando o processo em camada de espuma. Chung, (2016) obteve a polpa desidratada em *spray dryer*, e avaliou a influência dos parâmetros de processo (temperatura do ar de secagem, vazão de alimentação e a concentração do agente carreador) nas características físicas, físico-químicas e na atividade antioxidante do produto obtido.

Neste contexto, o presente estudo se direcionará em avaliar as propriedades e o comportamento dos compostos bioativos da polpa desidratada, utilizando três outros processos de secagem, a fim de verificar através de um estudo comparativo qual será o melhor método. Será realizada uma análise comparativa dos fatores que influenciam as características do produto, bem como, os parâmetros de processos adotados, evidenciando sempre, os prós e contras para cada processo, tendo como base os estudos, resultados e as condições de processo dos estudos já realizados, anteriormente citados.

Desta forma, esse trabalho mostrará o valor funcional desta fruta desidratada, de modo a se obter informações importantes sobre a secagem como estratégia para comercialização e aproveitamento da guabiroba como matéria prima na indústria de alimentos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar a partir de três métodos, qual é o melhor processo de secagem para obtenção de polpa de guabiroba em pó.

1.1.2. Objetivo específico

- Definir a partir de estudos preliminares a melhor concentração do agente carreador e a melhor temperatura de secagem;
- Obter a polpa seca utilizando, estufa com e sem circulação de ar forçado, e liofilizador;
- Realizar uma análise comparativa para a perda dos compostos bioativos e um estudos da cinética de secagem para os três métodos;
- Caracterizar a polpa *in natura* e os pós de guabiroba obtidos pelos diferentes métodos de secagem quanto à: composição dos compostos fenólicos, carotenoides totais, vitamina C, acidez titulável total, cor e atividade de água;
- Avaliar a reidratação dos pós de guabiroba obtidos pelos diferentes processos de secagem utilizando análises de solubilidade e o seu tempo de reconstituição;
- Realizar análises periódicas para monitorar o comportamento dos compostos de interesse na polpa seca, em intervalos de 30 dias, durante 6 meses;

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg)

O fruto de *Campomanesia xanthocarpa* Berg, ou mais vulgarmente conhecida como a gabiroba, guabiroba, guavira ou guabirova é uma baga achatada, amarelada com 5 a 6 sementes, sendo que este fruto é succulento, ácido e levemente adocicado, e apreciado pelo ser humano e por animais. Os frutos caracterizam formato arredondado, com coloração que varia de verde a amarelo, quando maduros, além de ser constituído por casca fina e com polpa esbranquiçada com diversas sementes, (VALLILO et al., 2008; SANTOS, 2011), como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg)



Fonte: BARTH e PROCHNOW, 2013.

A planta pertence à família Myrtaceae, compreende mais de 1000 espécies, apresentando-se nas regiões de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul. Floresce abundantemente durante os meses de setembro/novembro, sendo que

os frutos amadurecem em novembro/dezembro. Frutificando a partir dos dois anos de seu plantio. A planta é silvestre, possuindo de 15 a 25 metros de altura. A quantidade de fruto produzido depende do tamanho da planta, sendo que na literatura não existem dados sobre a produtividade e nem foi encontrado relatos de plantações comerciais de gabioba (SANTOS, 2011).

A utilização deste fruto na complementação da nutrição humana mostra-se muito promissora, pois a mesma possui teores consideráveis de compostos nutricionalmente importantes. Vallilo *et al.*, (2008) caracterizou a guabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) e encontrou valores consideráveis em relação aos teores de água (81,4%), carboidratos totais (8,9%), fibras alimentares (6,3%), lipídios (1,9%), além de teor razoável de ácido ascórbico (17,8 mg/100 g), potássio (2084 mg/kg), fósforo (149 mg/kg), magnésio (135 mg/kg), ferro (6,4 mg/kg), cobre (93,3 mg/100 g) e chumbo (1,3 mg/kg), entre outros compostos. Santos (2011) avaliou o impacto sobre as características físico-químicas, reológicas e funcionais da guabioba na fabricação de doces e sucos, e a aplicação mostrou-se promissora, pois esses alimentos apresentaram elevado teor de vitamina C, compostos fenólicos e carotenoides.

Os frutos apresentam, de modo geral, vida útil curta devido a sua alta taxa metabólica, quando maduros os frutos da gabioba têm um período de cinco a sete dias para serem aproveitados. Em função desta característica, uma das alternativas para se ter um melhor aproveitamento dos frutos é o seu processamento, visando não somente a obtenção de produtos sensorialmente e nutricionalmente aceitos, mas também microbiologicamente seguros.

Uma das maneiras de controlar a estabilidade da fruta é pelo controle de umidade, tendo como princípio a eliminação parcial ou total da água do produto, elevando sua vida útil e facilitando seu transporte. (SANTOS, 2011).

Breda (2011) obteve a polpa da fruta desidratada pelo processo em camada de espuma, e pode concluir que o processo favoreceu a obtenção de um produto estável a temperatura ambiente com conteúdo de vitamina C suficiente para suprir as necessidades diárias requeridas para consumo humano.

O método constituiu uma alternativa para o aproveitamento de frutos regionais objetivando o aumento do valor agregado através de técnicas acessíveis do ponto de vista técnico e econômico.

2.2. SECAGEM EM ALIMENTOS

A secagem é um dos métodos de conservação de alimentos mais antigos empregados pelo homem na conservação de alimentos. Pressupõe que durante a segunda guerra mundial, é que o uso de alimento com baixa atividade de água foi estimulado (GAVA, 2008).

De acordo com a literatura, a secagem ou desidratação de alimentos é um procedimento que consiste na aplicação de calor em condições cuidadosamente controladas, de temperatura, umidade e corrente de ar, para que ocorra a eliminação da maior parte da água presente no alimento por ebulição (no caso da liofilização, por sublimação) (FELLOWS, 2006).

Portanto, o principal objetivo da secagem é assegurar a conservação do alimento por meio da redução do teor de água. Esta redução deve ser efetuada até o ponto em que a concentração de sólidos (carboidratos, ácidos, minerais entre outros) presentes na amostra seja suficientemente elevada a ponto de reduzir a atividade de água, evitando/retardando quaisquer tipos de reações químicas indesejáveis. (BENEDETTI, 2010).

Apesar das vantagens, deve-se tomar cuidado, pois a temperatura de processamento dos produtos desidratados costuma ser insuficiente para provocar a inativação dos microrganismos e das enzimas.

Desta forma qualquer aumento no teor de umidade durante a estocagem resultará em uma rápida deterioração, portanto esta prática deve ser muito bem controlada, não só durante o processo, mas também durante o transporte e o período de estocagem, dando atenção especial ao uso de embalagens apropriadas e para as condições externas de armazenamento.

Durante o processo de secagem, algumas características intrínsecas dos alimentos podem ser perdidas, bem como, parte de seus compostos nutritivos, contudo, esse procedimento pode atribuir vantagens ao alimento, como por exemplo:

- Aumento da vida útil do produto desidratado;
- Facilidade para transportar e comercializar, pois o alimento seco é mais leve e compacto;
- Manutenção da qualidade do alimento seco é mais fácil comparado com o alimento úmido;

- Redução das perdas pós-colheita, pois produtos mais perecíveis, como a polpa *in natura*, tendem a ter uma perda maior quando considerado todo o ciclo de comercialização, já produtos mais estáveis como a polpa de fruta desidratada, além de possuir uma maior estabilidade as reações de deterioração ainda se mostram menos propensas a danos físicos e mecânicos. (CELESTINO, 2010)

Para tal finalidade, diversos tipos de secadores e diversas metodologias de processos podem ser utilizados, a escolha correta deve ser orientada pelo tipo de material em estudo, pelo tipo de produto final que se deseja obter e pelos aspectos econômicos.

A seguir será dada a descrição do secador de estufa e o processo de liofilização, tema deste trabalho.

2.2.1. Secagem em estufa

Tais secadores consistem em câmaras com isolamento térmico apropriado, com sistema de aquecimento e quando conveniente, circulação de ar forçado com velocidades variando entre 0,5 e 3,0 m/s. As bandejas por sua vez, armazenam o produto, onde ocorre a secagem pela exposição ao ar quente. (FELLOWS, 2006)

Neste processo de secagem, a transferência de calor ocorre por meio da convecção, através da troca de calor entre o fluido e um sólido, desta forma o ar (fluido) transfere calor para a superfície sólida do alimento a ser seco, gerando um gradiente de temperatura entre o centro do produto e a superfície aquecida, promovendo a troca de calor, agora por condução térmica, no alimento.

A velocidade de secagem dos alimentos neste tipo de secadores irá depender de diversos fatores, mas de modo geral, produtos menores apresentam maiores velocidades de secagem do que os produtos maiores. (FERREIRA, 2004). E nesses casos também devem ser considerados alguns fatores relacionados as estufas, como:

- Temperatura de secagem;
- Umidade relativa e movimentação do ar dentro da estufa;
- Tamanho das partículas e espessuras da amostra;
- Número e posição das amostras na estufa;
- Formação de crostas na superfície da amostra;

Também deve ser levado em consideração o tipo de estufa, como, estufas simples sem circulação de ar forçado ou estufa simples, porém, com circulação de ar forçado (DIAS, 2013).

2.2.2. Secagem por liofilização

A liofilização é um processo que foi desenvolvido com o intuito de minimizar as perdas dos componentes bioativos nos alimentos, fazendo com que as suas características de sabor, aroma e constituintes químicos fossem preservados (BENEDETTI, 2010).

Este processo está baseado na desidratação por sublimação do produto congelado. A técnica envolve basicamente o congelamento rápido e intenso do material e posterior sublimação da água no estado sólido (gelo), deixando o produto seco, permitindo a secagem do alimento sem submetê-lo a altas temperaturas, o que torna extremamente interessante para o estudo de compostos voláteis, os quais se perdem facilmente em um processo de secagem convencional, utilizando altas temperaturas (BEZERRA, 2014).

Em relação a qualidade, produtos liofilizados, são de maneira geral superiores quando comparados aos produtos secos com técnicas convencionais. É uma ótima opção para conservar alimentos ricos em proteínas, como as carnes, ou mesmo, alimentos que sejam sensíveis a altas temperaturas, como verduras, frutas e vegetais (GEANKOPLIS, 1998)

A textura de produtos liofilizados é mantida, pois este procedimento permite que o estado sólido da água proteja a estrutura primária dos alimentos, minimizando as mudanças no produto, evitando o encolhimento (FELLOWS, 2006).

Entretanto a desvantagem desta tecnologia se dá no alto custo do processo, limitando assim o uso industrial para apenas produtos com alto valor agregado, como o café, algumas frutas e legumes, e alguns condimentos, temperos e ervas aromáticas (BEZERRA, 2014).

2.3. AGENTES CARREADORES DE SECAGEM

À grande quantidade de açúcares e ácidos orgânicos presentes na composição da polpa dificultam a secagem, resultando em produtos pegajosos e muito higroscópicos, isso porque esses açúcares e ácidos orgânicos possuem um peso molecular relativamente baixo resultando em uma baixa temperatura de transição vítrea. Portanto, a fim de facilitar e otimizar a secagem, diversos materiais estão sendo incorporados nas polpas de frutas. Esses aditivos,

são compostos de alto peso molecular, que quando incorporados as polpas de frutas promovem um aumento da sua temperatura de transição vítrea, portanto, os agentes carreadores têm por objetivo promover um melhor manuseio do produto final obtido, conferindo uma maior proteção contra a adsorção de umidade do ambiente e tornando-o menos higroscópico (ÓBON et al., 2009).

A eficácia desses materiais denominados carreadores está relacionada, como mencionado anteriormente, com o aumento da temperatura de transição vítrea do produto, e também com sua propriedade encapsulante e a baixa difusividade a umidade. Dentre eles, os mais usuais são os carboidratos (amidos, maltodextrina, xaropes de milho, dextranas, sacarose e ciclodextrinas), celuloses (carboximetilcelulose, metilcelulose), gomas (goma ácacia, ágar, carragena) lipídeos (ceras, parafina, diglicerídeos), e proteínas (glúten, caseínas, gelatinas, albuminas, hemoglobinas e peptídeos). O aditivo que tem sido mais empregado é a maltodextrina, adicionado, por exemplo, em polpa de açaí (TONON; BRABET; HUBINGER, 2008), em polpa de manga (JAYA; DAS, 2004), e em polpa de tomate (GOULA et al., 2008), principalmente devido a sua alta solubilidade e baixa viscosidade, condições importantes para o processo de secagem.

2.3.1. Maltodextrina

De acordo com a Food and Drug Administration (FDA), dos Estados Unidos, maltodextrina são polímeros que apresentam uma dextrose equivalente (DE) menor que 20, enquanto que os polímeros com DE maiores que 20 são considerados xaropes de glicose (ÓBON et al., 2009).

A maltodextrina pode evitar o comportamento pegajoso que se obtém durante a secagem de algumas frutas e polpas. Seu uso se torna interessante, pois esses polímeros possuem sabor neutro, ausência de odor e são facilmente digeríveis e bem tolerados, ou seja, não apresentam riscos alérgicos. Elas são classificadas de acordo com o grau de dextrose equivalente (DE). A DE é relacionada com o grau de polimerização (DP) pela relação $100/DP$.

Além da influência físico-química, alguns trabalhos relatam outros tipos de influências importantes que a presença desse agente carreador promove. Tonon, Brabet e Hubinger (2008) encontraram um efeito benéfico sobre o rendimento do processo e a higroscopicidade de suco de açaí seco em *spray dryer* sob diferentes concentrações de maltodextrina 10 DE. Sabzevar (2015) também observou influências da concentração de maltodextrina 10 DE sobre

o teor de umidade, higroscopicidade e luminosidade ao produzir pós de barberry (*Berberis vulgaris*) em *spray dryer*. Dib Taxi et al (2003) observaram além das características físico-químicas, um efeito protetor da maltodextrina 10 DE durante o processo de secagem sobre a vitamina C no suco de camu-camu. Da mesma maneira Kha Nguen e Roach (2010) observaram o efeito protetor em extratos de GAC (*Momordica cochinchinensis*) secos em relação ao teor de carotenoides totais, atividade antioxidante total e a cor do produto.

2.4. COMPOSTOS BIOATIVOS NOS ALIMENTOS

Devido a certas ineficiências no sistema de defesa humano, causados por fatores externos como fumo, poluição, radiação UV, alimentação e também a fatores fisiológicos como o envelhecimento, obesidade, e tantos outros, se estabelece a importância dos compostos bioativos na dieta humana por meio da alimentação, pois estes podem ajudar a suprir a necessidade, a prevenção e até mesmo a proteção do estresse oxidativo causado no dia a dia (LIMA, 2012).

Os compostos bioativos estão presentes nos alimentos para assim promoverem benefícios a saúde, este efeito protetor tem sido atribuído, em grande parte, as propriedades biológicas particulares de cada tipo de alimento, tais como, atividade antioxidante, anti-inflamatória e hipocolesterolêmica devido a presença de nutrientes como vitaminas C, A e E e os compostos fenólicos como por exemplo os flavonoides (SEIFRIED et al., 2007).

Além destes compostos, os carotenoides, também vêm ganhando destaque no papel de antioxidante, pois o beta caroteno possui um extenso sistema de duplas ligações conjugadas, os quais são responsáveis pela eficácia antioxidante, além de serem precursores da vitamina A (RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

2.4.1. Vitamina C

O ácido ascórbico, ou a popular vitamina C, é uma das vitaminas hidrossolúveis mais importantes, a qual encontra-se naturalmente presente nos alimentos, principalmente frutas e vegetais. É um carboidrato sintetizado a partir da D-glicose e D-galactose pelas plantas e muitas espécies de animais, com exceção dos primatas e algumas aves, dessa forma ela deve ser adquirida a partir da dieta. A vitamina C também é muito utilizada como aditivo alimentar e antioxidante, além de ser muito requisitada em alimentos pelos consumidores, isto porque sua presença está associada com uma alimentação saudável, autores como Balady et al (2007),

Block et al (2001) e Liu et al (2000) relacionam a ingestão de vitamina C a redução dos riscos de doenças cardiovasculares e cânceres.

Em sua forma pura e cristalina, é estável à exposição ao ar, à luz e à temperatura ambiente por um longo tempo. (BALL, 1998). Em soluções aquosas e quando presente em alimentos pode sofrer oxidação irreversível ao ácido desidroascorbico pela retirada de dois átomos de hidrogênio na presença de íons metálicos, de enzimas, de calor, de luz ou em condições levemente alcalinas, perdendo sua atividade. (RIBEIRO E SERAVALLI, 2004).

A vitamina C é um importante precursor na atividade antioxidante, sendo que esta característica está associada com a sua facilidade em perder elétrons, tornando-o muito efetivo, e protegendo compostos hidrossolúveis das células nos sistemas biológicos. É atualmente um dos nutrientes mais estudados, devido a sua grande importância na dieta humana, sendo também considerada a vitamina mais degradável, quimicamente. Dessa forma sua retenção durante o processamento de alimentos é considerada um índice de manutenção na qualidade nutricional do mesmo (FENNEMA, 1977), sendo, de forma geral, a oxidação considerada o principal mecanismo de perdas do ácido ascórbico nos alimentos (MOREIRA, 2007).

2.4.2. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são moléculas secundárias responsáveis por parte do metabolismo dos vegetais, estão relacionadas com as estratégias de defesa das plantas e com o aspecto colorido das folhas e flores (NASS, 2007). São moléculas altamente susceptíveis a degradação por diversos fatores, como oxigênio, luz, pH e calor. Nos alimentos, estes compostos podem influenciar o valor nutricional e a qualidade sensorial, conferindo atributos como cor, textura, amargor e adstringência. (EVERETTE et al., 2010)

Os compostos fenólicos também mencionados como polifenóis, são amplamente distribuídos na natureza, existindo mais de 8.000 estruturas fenólicas incluindo as moléculas mais simples a compostos altamente polimerizados como os taninos (CHIM, 2008; SANTOS, 2011). Os compostos fenólicos provenientes de fontes vegetais podem ser divididos em dois grupos: flavonoides e não flavonoides (MELO; GUERRA, 2002). Este grupo inclui inúmeros compostos com diferentes estruturas químicas, como, flavanóis, flavonóides, antocianinas e os ácidos fenólicos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos. Estruturalmente, são formados por no mínimo um anel aromático onde pelo menos um grupo hidroxila substitui um hidrogênio (De PAULI, 2010). Para os compostos fenólicos simples sua estrutura molecular é C₆, para os

ácidos hidroxibenzóicos são C₆-C₁, para as xantonas C₆-C₁-C₆, para os flavonoides e isoflavonóides é C₆-C₃-C₆, dentre outras classes (ANGELO; JORGE, 2007).

Sua propriedade antioxidante deve-se a sua atuação como agente redutor, onde doa átomos de hidrogênio e neutralizam os radicais livres, e também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, principalmente os lipídeos (BRANDWILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995).

2.4.3. Carotenoides

Os carotenoides são moléculas presentes de forma abundante na natureza, podem ser encontrados em frutas, raízes, verduras, aves, alguns peixes, microorganismos e até em alguns crustáceos, sendo considerados seus corantes naturais, com cores que podem variar do amarelo até o vermelho (SILVA e MERCADANTE, 2002).

A estrutura básica dessas moléculas é um tetraterpeno (C₄₀), entretanto essa estrutura pode ser encontrada com várias modificações causados pela hidrogenação, migração de dupla ligação, rearranjo e outros processos ou combinações desses, podendo resultar em mais de 600 carotenoides naturais isolados e identificados até hoje (RODRIGUEZ-AMAYA, 2004), sendo que destes 600, 50 são precursores da vitamina A, sendo o β-caroteno o mais ativo.

Os carotenoides despertaram muito interesse em relação aos efeitos benéficos a saúde humana, além da atividade pró-vitáminica A, outras funções também são atribuídas a estes compostos, como a redução a certos tipos de cânceres, de doenças cardiovasculares, de catarata, de arteriosclerose e na redução do processo de envelhecimento. Essas propriedades podem ser atribuídas a sua capacidade antioxidante.

Essas atribuições acarretaram no estímulo a pesquisa sobre a biodisponibilidade desses compostos nos alimentos e os efeitos do processamento sobre os carotenoides, visto que estão muito passíveis a degradação quando expostos a certas condições no ambiente (SILVA e MERCADANTE, 2002).

Estas pesquisas têm grande importância, pois atualmente estão trazendo e já trouxeram o desenvolvimento de novas tecnologias, visando a preservação dos compostos bioativos, como por exemplos as tecnologias não térmicas, o processamento mínimo, embalagens apropriadas com atmosfera modificada, a microencapsulação, dentre outras.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. Matéria prima

A matéria-prima utilizada para este estudo foi polpa de guabiroba produzida no Rio Grande do Sul – Passo Fundo, proveniente da empresa Encontro de Sabores Comércio de Produtos orgânicos, e a maltodextrina 10 (DE) MOR-REX 1910®, cedida pela CornProducts (Mogi-Guaçu, Brasil).

3.1.2. Reagentes

Para a realização das análises foram utilizados: hidróxido de sódio 99% (Alphatec®), álcool etílico 99% (Alphatec®), ácido clorídrico P.A 37% (Alphatec®), ácido ascórbico 99% P.A (Alphatec®), ácido gálico anidro 98% P.A (Vetec®), reagente fenólico deFolin Ciocauteau (Dinâmica), Carbonato de sódio (P.A ou ACS) 99,5% (Dinâmica).

3.1.3. Equipamentos

Todas as medidas de massa foram realizadas em balança analítica AUY220 da marca Shimadzu (Filipinas). Para a determinação do teor de umidade das amostras, utilizou-se estufa de secagem e esterilização, modelo AL-100-100 AmericanLab (Brasil), para a determinação da atividade de água, o aparelho de leitura direta LabMaster da marca Novasina (Brasil). A análise de compostos fenólicos e carotenoides foram realizadas por meio do uso de Espectrofotômetro Evolution 201, Thermo (China), Centrífuga 3-16KL, Sigma, (Alemanha), além de um Vortex NA162, Marconi (Brasil). Para a análise de cor, foi utilizado um Colorímetro CR400, Konica Minolta (Japão), sendo este calibrado diariamente antes das análises. As secagens foram realizadas em estufa de secagem e esterilização modelo SL-100-SOLAB, estufa de secagem e esterilização com circulação e renovação de ar modelo AL-102/480-AmericanLab (Brasil), e Liofilizador modelo L101, marca Liotop (Brasil), além do uso do ultra freezer modelo IULT -86, da marca INDREL (Brasil).

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Caracterização da polpa *in natura*

A polpa *in natura* foi caracterizada de acordo com o teor de carotenoides, vitamina C, compostos fenólicos, acidez titulável total, umidade, atividade de água e cor, de acordo com as metodologias descritas a seguir.

3.2.2. Processamento da matéria prima

Antes do seu uso, a polpa foi armazenada em uma câmara frigorífica a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, em embalagens de polietileno transparente contendo 400 gramas de produto, sob vácuo, sendo descongeladas de acordo com a quantidade necessária para cada ensaio.

3.2.3. Ensaio preliminares

3.2.3.1. Determinação da concentração do agente carreador

A polpa de guabiroba foi misturada com diferentes proporções de maltodextrina: 0 (amostra padrão), 10, 20, 30 e 40% (m/m), em porções de 100 gramas da amostra, sendo homogeneizada até a completa dissolução. A polpa de guabiroba contendo a maltodextrina foi espalhada sobre bandejas de aço inoxidável, revestidas com papel vegetal (para evitar incrustações) numa espessura de 0,5 cm e levada para desidratar, durante 24 horas, na temperatura de 60°C . Essas concentrações foram avaliadas de acordo com a aparência física das amostras, coloração e atividade de água. A maltodextrina foi escolhida como agente carreador por apresentar um baixo custo e por ser comumente usada em processos de secagem.

3.2.3.2. Determinação da temperatura de secagem para as estufas

A amostra de polpa com maltodextrina que forneceu os melhores resultados foi utilizada para avaliar a temperatura de secagem. Esta amostra foi espalhada sobre bandejas de aço inoxidável revestidas com papel vegetal numa espessura de 0,5 cm e levadas para desidratar em secador convencional nas temperaturas de 50, 60 e 70°C , durante o tempo

necessário para que cada amostra atingisse sua umidade de equilíbrio. Para o acompanhamento da perda da umidade, durante os testes de secagem, foram realizadas medidas de massa do produto no início do teste e, posteriormente, em intervalos de 2 horas. Ao final do processo, amostras de polpa foram removidas das bandejas para determinação de ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos, acidez total, atividade de água e cor.

3.2.4. Processamentos de secagem para obtenção dos pós

Após definida a melhor proporção de maltodextrina e temperatura de secagem, três processamentos de secagem para a obtenção da polpa de guabiroba em pó foram realizadas, sendo um em estufa convencional (sem circulação de ar forçado), outro em estufa com renovação e circulação de ar forçado e por liofilização.

3.2.4.1. Secagem em estufa com e sem circulação de ar forçada

A polpa de guabiroba contendo a maltodextrina foi espalhada numa espessura de 0,5 cm sobre bandejas de aço inoxidável revestidas com papel vegetal e levadas para desidratar em estufa com e sem circulação forçada de ar forçado a uma temperatura de 60°C, este procedimento foi realizado simultaneamente, para os dois equipamentos, até a amostra atingir a umidade de equilíbrio (peso constante). Após secas, as amostras foram trituradas em pequenas porções em um processador de alimentos para a obtenção da polpa em pó.

3.2.4.2. Secagem por liofilização

A polpa da fruta contendo o agente carreador foi acondicionada em um recipiente de alumínio com uma espessura de 0,5 cm e mantida sob congelamento a -80°C durante 24 horas. Após este período, as amostras foram transferidas para o liofilizador, dando início ao processo de secagem, até a amostra atingir a umidade de equilíbrio, ou atividade de água de aproximadamente 0,35. Após secas, as amostras foram trituradas em pequenas porções em um processador de alimentos para a obtenção da polpa em pó.

3.2.5. Estudo da cinética de secagem

As curvas de secagem foram obtidas para os três diferentes processos de secagem. A perda de umidade das amostras foi acompanhada através da variação de massa das placas e a atividade de água em intervalos de 2 horas. Os ensaios foram realizados até amostra atingir umidade de equilíbrio.

A partir dos dados de umidade e atividade de água obtidas através do acompanhamento da perda de massa ao longo do processo de secagem, foram construídas as curvas de secagem em função do tempo para os três diferentes processos.

3.2.6. Análises físicas e químicas da polpa de guabiroba em pó

Para a polpa de guabiroba em pó, obtida pelos três processos de secagem, foram realizadas as seguintes análises: teor de vitamina C, de compostos fenólicos, de carotenoides, de acidez titulável, cor, solubilidade e tempo de reconstituição, conforme descrito nos itens seguintes. Para a realização dos cálculos das análises de vitamina C, compostos fenólicos, carotenoides e acidez titulável, foi desconsiderado a massa do agente carreador.

3.2.7. Determinação da cor

A cor das amostras foi determinada com auxílio de colorímetro digital, através do padrão C.I.E. L^* a^* b^* , onde a coordenada L^* expressa o grau de luminosidade da cor medida ($L^* = 0$, preto a 100, branco). O valor de a^* expressa o grau de variação entre o vermelho e o verde (a^* positivo = vermelho; a^* negativo = verde) e a coordenada b^* expressa o grau de variação entre o azul e o amarelo (b^* positivo = amarelo; b^* negativo = azul) (McGUIRE,1992). Os índices de tonalidade (Hue: h^*) e saturação (Chroma: C^*) foram calculados a partir dos valores de L^* , a^* e b^* , conforme descrito por McGuire (1992) pelas equações 1 e 2.

$$H = \arccotang\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Eq. (1)}$$

$$C = \sqrt{[(a^*)^2 + (b^*)^2]} \quad \text{Eq. (2)}$$

Foi obtido também, o coeficiente de diferença total de cor (ΔE) que mede a magnitude de cor entre as amostras secas e a polpa de guabiroba *in natura*, descrito por Rocha (2009) pela equação 3.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2} \quad \text{Eq. (3)}$$

3.2.8. Determinação da Vitamina C

O método baseou-se na redução do 2,6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico, sendo o ponto final a mudança da coloração da amostra titulada de incolor para rosa.

Foi preparada uma solução de diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) $1,8 \times 10^{-3}$ mol/L pela dissolução do composto em água, com o auxílio de carbonato de sódio e etanol. Na sequência a solução de diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) foi padronizada com solução padrão de ácido ascórbico.

Para a análise das amostras foi transferido um grama de amostra para um Erlenmeyer, adicionado de 20 mL de água destilada e 2 mL de solução de ácido clorídrico 1 mol/L e titulado com solução de diclorofenolindofenol-sódio (DCFI) até mudança de cor. O teor de vitamina C foi expresso em gramas de ácido ascórbico por 100 g da amostra (KWIATKOWSKI et al., 2010).

3.2.9. Determinação dos compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos foi baseada no método de Folin-Ciocalteu, de acordo com Bucic-Kojic et al., (2007). Foi medido aproximadamente 1,25 g do fruto em tubo de polipropileno, juntamente com 20 mL de etanol a 50% (v/v) e homogeneizando, em vortex, durante 2 min. A mistura foi centrifugada durante 5 min a 5000 rpm e uma alíquota de 0,50 mL do extrato foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL, protegido da luz (envoltos em papel alumínio), com 3,0 mL de água destilada, 4,0 mL de solução de Folin-Ciocalteu a 10 % (v/v) e 2 mL de solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 7,5% (m/v). O volume foi complementado com água destilada e a mistura homogeneizada. Os frascos foram mantidos em repouso, na ausência de luz, por 2 h e posteriormente foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 765 nm, descontando o valor do branco de cada medida. Um curva

padrão foi realizada com ácido gálico (AG) nas concentrações de 0; 0,2; 0,5; 1,0 e 2,5 mg de AG/L. Os resultados foram expressos em mg de AG / 100 g de amostra.

3.2.10. Determinação dos carotenoides

Os carotenoides totais presentes na polpa de guabiroba e nos pós de guabiroba desidratados foram determinados seguindo a metodologia de Rodrigues-Amaya (2001), que se baseia na extração dos carotenoides com acetona, seguido da separação em éter de petróleo, diluição em balão volumétrico e leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 450 nm, utilizando como branco o éter de petróleo puro. O resultado é expresso em termos de carotenoides totais ($\mu\text{g/g}$), conforme a equação 4.

$$CAR = \frac{Abs \times V \times 10^4}{A \times m} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que V é o volume da diluição (mL), Abs é a absorbância medida, A é o valor da absortividade (2592) para o carotenoide predominante (β -caroteno) em éter de petróleo e m é a massa da amostra (g).

3.2.11. Ácidez total titulável

Para determinação da acidez total titulável, utilizou-se a metodologia descrita por Nollet (2004). Foram diluídas 2 g de amostra, em 40 mL de água, com o indicador fenolftaleína e titulados com solução de hidróxido de sódio (0,1 mol/L) previamente padronizada. A acidez total titulável foi expressa em massa de ácido cítrico, por 100 g da amostra.

3.2.12. Cálculo da retenção de compostos bioativos

Foi avaliada de acordo com Nóbrega et. al. (2015), através da equação 5.

$$Reten\tilde{c}a\tilde{o}(\%) = \frac{A_{final}}{A_{inicial}} \times 100 \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

A_{final} = teor do componente na polpa natural (%);

A_{final} = teor do componente após o processo de secagem (%)

3.2.13. Solubilidade

Foi determinada de acordo com o método descrito por Eastman e Moorre (1984), modificada por Cano-Chauca et al. (2005). Uma porção de 1 g de pó foi diluída por adição e 100 mL de água destilada sob agitação com agitador magnético por 5 minutos. A solução foi transferida para tubo de polipropileno e centrifugadas a 2600 rpm por 5 minutos. Uma alíquota do sobrenadante (25 mL) foi transferida para vidro relógio de massa conhecida e foi submetido a secagem em estufa a 105°C durante 5 horas. O percentual de solubilidade foi calculado a partir da diferença entre o peso final e o inicial do material no vidro relógio, conforme a equação (6).

$$\% \text{solubilidade} = \frac{m_{(1)}}{m_{(2)}} \times 100 \quad \text{Eq. (6)}$$

$m_{(1)}$ = massa final de sólido seco x 4 (g);

$m_{(2)}$ = massa inicial da amostra em base seca (g)

3.2.14. Tempo de reconstituição

Foi adicionado água destilada ao pó em quantidade suficiente para se obter uma pasta com aproximadamente 15° Brix (teor característico de sólidos solúveis totais da polpa da fruta *in natura*). A mistura foi homogeneizada com agitador magnético, com acompanhamento visual em intervalos de 10 segundos, até que ocorresse o desaparecimento do pó aglomerado.

3.2.15. Avaliação da estabilidade de estocagem

A polpa de guabiroba em pó, produzida sob os diferentes métodos, foi armazenada durante 180 dias em embalagens de polietileno metalizado em condições de temperatura e umidade controlada. A estabilidade do produto foi determinada realizando análises de umidade, atividade de água, cor, conteúdo de fenólicos totais, teor de vitamina C, carotenoides e acidez titulável total nos tempos de 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

3.2.16. Análise estatística

Todas as análises de caracterização foram realizadas em triplicata, os resultados são expressos como o valor médio \pm intervalo de confiança com 95% de confiabilidade e teste de Tukey, com nível de significância de 5%

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA *IN NATURA*

A Tabela 1 apresenta a composição da polpa de guabiroba fresca quanto ao teor de umidade, atividade de água, cor e compostos bioativos, sendo esses resultados apresentados em base seca para uma melhor visualização e comparação com os resultados posteriores.

Tabela 1 - Características físicas e químicas da polpa de guabiroba *in natura*.

Análises	Resultados
Acidez titulável (g de AC/100 g)	4,7 ± 0,2
Ácido ascórbico (mg de AA/100 g)	5986 ± 47
Compostos fenólicos (mg de AG/100 g)	2924 ± 87
Carotenoides totais (mg/100 g)	33,7 ± 0,8
Umidade (% , m/m)	86 ± 2
Atividade de água (Aw)	0,97 ± 0,01
L*	42 ± 1
C*	47 ± 2
H*	65 ± 1

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Fonte: Elaborada pelos autores. AA = ácido ascórbico; AG = Ácido Gálico; AC = ácido cítrico; L* = luminosidade; C* = Croma; H* = Ângulo Hue.

A umidade encontrada para a polpa de guabiroba foi de 86%, na literatura foram encontrados valores similares, Freitas et al., (2008) e Silva et al., (2008) obtiveram valores de 89,48%, 87,37%. Silva et al (2008) explica que é possível que ocorra variações na umidade, assim como em outros compostos da fruta, devido as condições climáticas, bem como o estágio de maturação do fruto. Este resultado de umidade foi utilizado para expressar os resultados das demais análises do fruto, em base seca.

Dentre as características estudadas o que mais se destaca é a alta concentração de compostos bioativos presentes. As elevadas concentrações de vitamina C, compostos fenólicos e carotenoides para o fruto da guabiroba utilizado neste estudo demonstra que a polpa de guabiroba pode possuir um elevado potencial antioxidante.

O teor de ácido ascórbico, que é um importante composto bioativo e antioxidante, teve uma concentração de 5986 mg/100 g, valor este superior ao encontrado por Grandó (2015) de 2920 mg/100 g (base seca) e superior ao resultado encontrado, também em base seca, em outras polpas de fruta como a de acerola, 1304,0 mg/100 g e de Uvaia, 86,6 mg/100 g (GUIZILINI, 2010). A recomendação de ingestão diária dessa vitamina é de 25 mg para crianças, 75 mg para mulheres e de 90 mg para homens, portanto pode-se inferir que a

ingestão de uma pequena quantidade de frutos de guabiroba pode suprir a ingestão diária recomendada (IDR) para adultos (CUNHA, 2014).

O teor de compostos fenólicos foi de 2924 mg/100 g, valor superior ao encontrado por Vallilo (2008) de 1222,59 mg/100 g (base seca); e por Rocha et. al. (2011) de 259 a 285 mg/100 g (base seca), ao estudar os teores de compostos fenólicos para a polpa de guabiroba procedentes dos estados de Goiás e Distrito Federal. Segundo Vallilo (2008) a proporção de nutrientes, como os fenóis pode estar associada a vários fatores, como por exemplo, variedade de espécie botânica, solo, período de luminosidade, clima, estágio de maturação, conservação do fruto após a colheita e principalmente a genética do fruto.

Em 100 g de amostra (polpa de fruta), foram encontrados, para o presente estudo, 33,7 mg de carotenoides, este valor foi inferior ao encontrado por Guizilini (2010), que foi de 54 mg para a polpa de guabiroba *in natura*. O autor ainda evidencia que a concentração de carotenoides aumenta quando é feita a análise para o fruto integral se comparada com a polpa isoladamente, tais evidências identificam que boa parte destes compostos podem estar na casca do fruto o qual apresenta cor amarelo/alaranjada bem intensa.

Os carotenoides podem ser encontrados na forma de ésteres de xantofila e caroteno, são responsáveis pela cor amarelo, laranja e vermelho das frutas maduras, portanto estes compostos podem influenciar fortemente os parâmetros da cor da guabiroba, tanto no processo de amadurecimento, como em processos tecnológicos, onde ocorrem reações de decomposição destes compostos. (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os parâmetros de cor, L*, C* e H* determinados neste estudo foram de 42, 47 e 65, respectivamente, valores semelhantes para a mesma polpa de fruta foram encontrados por Grando (2015) de (L*), 44,8, (C*) 53,37 e (H*), 71,7.

O parâmetro H* (ângulo *Hue*) teve valor coerente, uma vez que a tonalidade varia de entre 0° e 90°, sendo que quanto mais próximo de 90°, mais intensa será a cor amarela e quanto mais próxima de 0° mais intensa será a cor vermelha, portanto a coloração da polpa de guabiroba é uma combinação da cor amarela com a cor vermelha, ou ainda denominada, alaranjada.

O parâmetro C* por sua vez, indica a intensidade da cor, ou seja, quanto maior, mais intensa será a cor. Pela Tabela 1, nota-se que o parâmetro C* da polpa de guabiroba foi de 47, sendo considerada uma intensidade moderada. Da mesma forma ocorre para a luminosidade (L*), o qual varia de 0 (preto) a 100 (branco), o valor encontrado foi relativamente baixo (42), podendo estar relacionado com o armazenamento da polpa sob congelamento. Santos (2011) encontrou uma luminosidade de 57,5 para a polpa de guabiroba obtida em Ponta Grossa - PR, sem

congelar, e ainda explica que em frutos congelados pode haver mudanças neste parâmetro uma vez que as modificações decorrentes de reações químicas ou enzimáticas continuam acontecendo, mesmo em frutos congelados, pois durante o processo de congelamento as enzimas não são inativadas.

O resultado para a acidez titulável total mostrou valor de 4,7%, este valor foi coerente ao encontrado por Grandó (2015) de 5,00%, Santos (2011) e Santos et al., (2009) obtiveram valores de 1,23 % e 0,48%, respectivamente, para a polpa de guabiroba. Estas diferenças podem estar relacionadas coma base de cálculo, visto que no presente estudo e os valores encontrados por Grandó (2015) estão expressos em base seca, entretanto, Santos (2011) ainda explica que é possível que ocorra variações na acidez, pois assim como a concentração dos compostos bioativos na polpa da fruta, a acidez também é dependente das condições climáticas, bem como o estágio de maturação do fruto.

4.2. ENSAIOS PRELIMINARES

Nesta etapa do estudo foram verificadas quais seriam as melhores condições de secagem. Primeiramente foi realizada a determinação da melhor concentração do agente carreador (maltodextrina). Este agente carreador é amplamente utilizado em estudos como este, visto que possuiu características desejáveis como, sabor neutro, ausência de odor, ser facilmente digerível e não possuir incidências de intolerância. Além de apresentar todas essas características, ainda é muito eficiente quanto a promoção de uma melhoria no manuseio do produto final, tal característica está associada com sua propriedade encapsulante e a baixa difusividade de umidade, promovendo assim uma maior proteção contra a adsorção das gotículas de água do ambiente, tornando o produto final menos higroscópico (BARBOSA, 2010).

Além da determinação da concentração do agente carreador, também foram realizados ensaios a fim de determinar a melhor temperatura de secagem das amostras em estufas. Este estudo foi direcionado a partir de verificação dos parâmetros de qualidade de produto final, bem como, concentração final dos compostos biotivos e parâmetros físicos como a coloração, pegajosidade e avaliação visual das amostras. Este estudo foi realizado após a determinação da concentração ótima do agente carreador (maltodextrina) nas amostras.

4.2.1. Determinação da concentração do agente carreador

Conforme mostra a Tabela 2, após a secagem foi observado que a atividade de água (A_w) da polpa desidratada aumentou com a proporção de maltodextrina, no entanto, a A_w das amostras com 10 e 20% (m/m) de maltodextrina não diferiram entre si. O mesmo fato aconteceu com as amostras contendo 40 e 50% de maltodextrina. Os resultados neste trabalho estão similares aos obtidos por Kha et al (2010) que determinou valores de atividade de água na faixa de 0,38 a 0,54, para o pó de gac aril (*Momordica cochinchinensis*) produzido com 10, 20 e 30% (m/m) de maltodextrina através do processo de secagem por spray dryer.

O aumento da A_w com a adição de maltodextrina pode estar relacionada ao fato da interação das moléculas de água que se ligam com a maltodextrina, sendo essa água de difícil remoção durante a sua secagem devido ao estabelecimento de ligações de hidrogênio e de van der Waals entre a água e a maltodextrina.

O estudo da atividade de água para produtos em pó tem grande importância devido a sua influência sobre a vida útil do pó produzido. A elevada A_w indica mais água livre para reações bioquímicas e como consequência menor vida útil. Geralmente, alimentos com a atividade de água menor do que 0,6 são considerados microbiologicamente estáveis a deterioração (QUEK et al, 2006).

Tabela 2 - Medidas de cor e de atividade de água das polpas de guabiroba com diferentes concentrações de maltodextrina após 48 horas de secagem em estufa sem circulação de ar forçada.

Concentração agente carreador (% , m/m)	Atividade de água (A_w)	L*	C*	H*
0	0,35 ± 0,01 ^c	31 ± 1 ^b	28 ± 1 ^{ab}	59 ± 3 ^a
10	0,38 ± 0,01 ^b	34 ± 2 ^{ab}	28 ± 1 ^{ab}	64 ± 1 ^a
20	0,39 ± 0,01 ^b	39 ± 1 ^a	30 ± 3 ^a	66 ± 2 ^a
30	0,41 ± 0,01 ^a	38 ± 2 ^a	26 ± 2 ^{ab}	66 ± 5 ^a
40	0,41 ± 0,01 ^a	37 ± 3 ^a	24 ± 2 ^b	64 ± 6 ^a

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

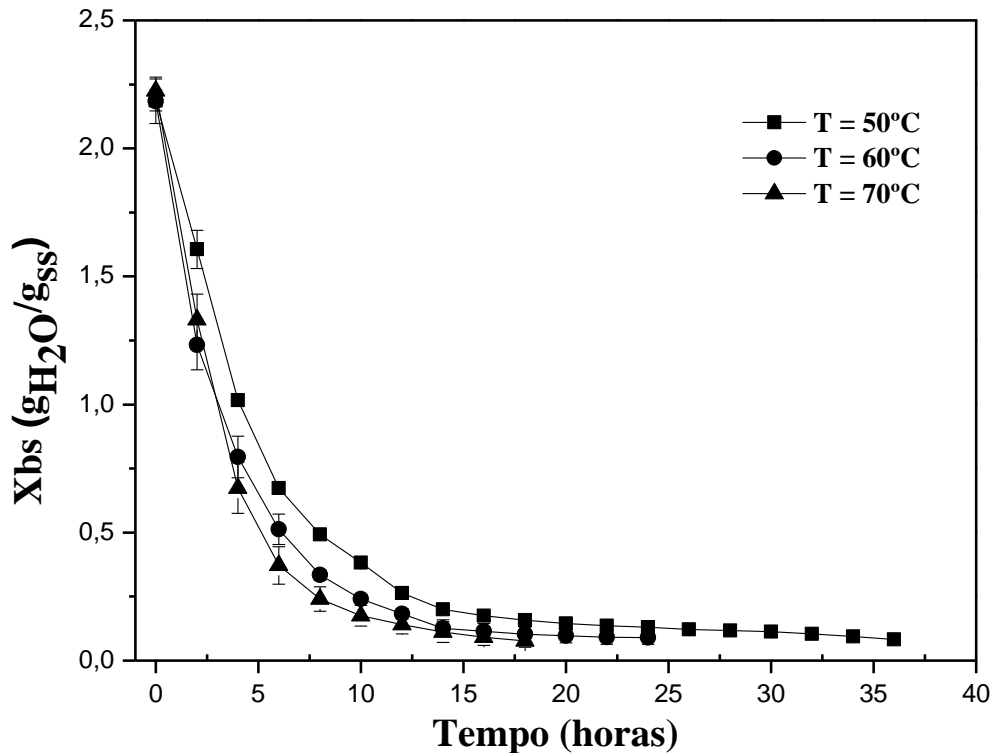
A medida da cor também é um importante indicador a ser avaliado, uma vez que reflete diretamente na atratividade e na qualidade do produto. Pode-se observar que os três parâmetros de coloração avaliados praticamente não apresentaram diferenças quando comparados entre o controle e em diferentes concentrações de maltodextrina. Portanto a

concentração de maltodextrina fixada para a utilização no processo de secagem nas estufas com e sem circulação de ar foi a de 20% (m/m). Esta escolha foi justificada por esta amostra apresentar, qualitativamente, um produto mais uniforme com uma menor pegajosidade e coloração mais agradável, ou seja, melhores condições visuais e de manuseio, quando comparada com as demais amostras

4.2.2. Determinação da temperatura de secagem para as estufas

As curvas de secagem são de extrema importância em estudos de desidratação, pois permitem prever o momento do processo em que se atinge o teor de umidade desejado, obtendo dessa forma produtos uniformes e de boa qualidade. A Figura 2 representa as curvas experimentais das cinéticas de secagens em base seca (X_{bs}) da polpa de guabiroba com 20% (m/m) de maltodextrina, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C em função do tempo. Cada ponto apresentado na Figura como a média e intervalo de confiança ($n = 3$) para 95% de confiabilidade.

Figura 2 - Curvas de secagem da formulação elaborada com a polpa de guabiroba e 20% (m/m) de maltodextrina nas temperaturas 50, 60 e 70°C em estufa de secagem sem circulação de ar forçada.

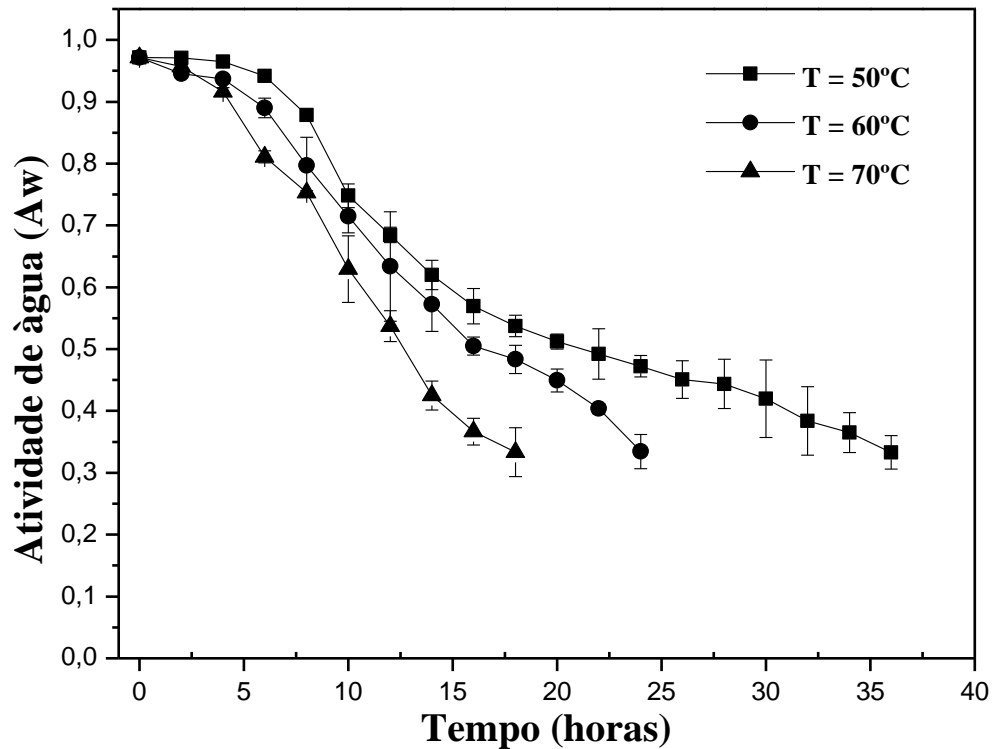


Fonte: Elaborada pelos autores.

Foi possível observar que o aumento da temperatura proporcionou uma redução do teor de água em menor tempo, isso ocorreu devido ao aumento de potencial de secagem em decorrência da elevação da temperatura do ar, diminuindo assim, a umidade relativa do ar de secagem. Portanto, como prevê a literatura, a taxa de secagem é proporcional a temperatura usada durante o processo. Para atingir uma umidade em base seca de 0,11 (correspondente a aproximadamente 8,0% (m/m) em base úmida) nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, foram necessárias 36, 24 e 18 horas de secagem, respectivamente. O acréscimo de 10°C nas temperaturas de secagens acarretou em uma redução de 33% do tempo para a temperatura de 60 em relação a 50°C e 25% para a temperatura de 70 em relação a 60°C.

Na Figura 3, podemos observar o comportamento da A_w ao longo do período de secagem para as três temperaturas (50, 60 e 70°C). Na temperatura de 50°C, a A_w atinge valor de 0,33 depois de 36 horas de secagem, já para as temperaturas de 60 e 70°C foram atingidos os valores de 0,33 após 24 e 18 horas de secagem, respectivamente. Cada ponto apresentado na Figura como a média e intervalo de confiança ($n = 3$) para 95% de confiabilidade.

Figura 3 - Curvas de atividade de água na polpa de guabiroba em função do tempo de secagem para as temperaturas de 50, 60 e 70°C em estufa de secagem sem circulação de ar forçada.

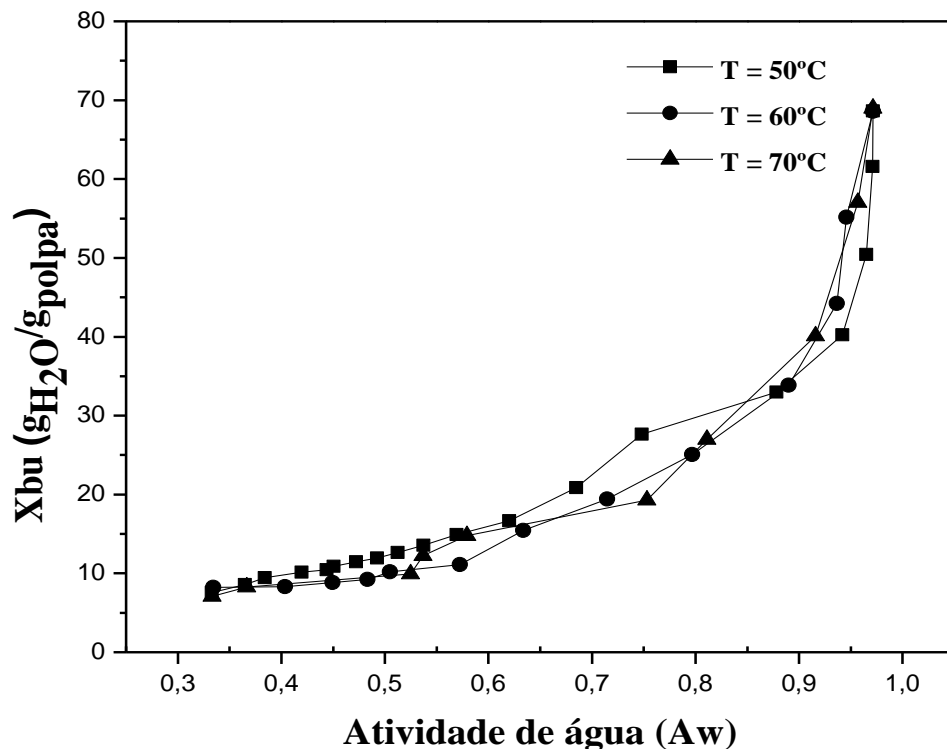


Fonte: Elaborada pelos autores.

Devido a diferentes velocidades de perda de água durante o processo de secagem, observou-se que para qualquer tempo de secagem a A_w do produto aumenta com a diminuição da temperatura. Numa dada temperatura, a A_w do produto diminui de acordo com o tempo de secagem. Para temperaturas mais elevadas a taxa de evaporação de água é maior, conseqüentemente maior é a variação de A_w .

A A_w também pode ser considerada um fator de decisão durante a secagem de produtos, visto que é uma medida que está relacionada com a umidade do produto, a Figura 4 relaciona a A_w e o teor de umidade (base úmida, X_{bu}) durante o processo de secagem.

Figura 4 - Umidade da polpa de guabiroba em função da atividade de água para as temperaturas de secagem de 50, 60 e 70°C.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para as três temperaturas de secagens (50, 60 e 70°C) a umidade aumenta em função da Aw da polpa de guabiroba. Cano-chauca et al (2004) encontrou comportamento similar estudando as isotermas para a banana passa seca em estufa nessas mesmas temperaturas.

Em relação aos compostos bioativos presentes na fruta, pode-se perceber, pela Tabela 3, que a secagem em temperatura de 50°C promove uma perda significativa de ácido ascórbico em relação a amostra seca a 60°C. Para a temperatura de 70°C, não foi observada diferenças significativas quando comparada as demais secagens, entretanto a temperatura de 60°C, foi a que mais conservou a vitamina C, se diferenciando significativamente da amostra seca em 50°C. Essas diferenças ocorrem devido o ácido ascórbico ser sensível ao aquecimento podendo ser totalmente destruído durante o processo de secagem, mas também pode ser decomposto pela ação do oxigênio (oxidação). Embora 50°C seja uma temperatura relativamente baixa, o tempo de exposição da amostra a atmosfera rica em oxigênio é maior e por isso ocorre maior degradação deste composto. Já para a temperatura de 70°C, o tempo de exposição a atmosfera é menor, mas o efeito da temperatura é mais significante. Esse mesmo fenômeno foi observado por Silva et al. (2008) e Furtado et al. (2010) na secagem de polpa de seringueira pelo método de camada de espuma.

Tabela 3 - Resultados das análises de acidez titulável total, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos para as polpas de guabiroba secas em estufa sem circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Temperatura de secagem (°C)	Acidez titulável (g/100 g)	Ácido ascórbico (mg/100 g)	Compostos fenólicos (mg/100 g)	Carotenoides totais (mg/100g)
50	1,2 ± 0,1^b	151 ± 13^b	744 ± 17^a	1,3 ± 0,1^b
60	1,4 ± 0,1^a	217 ± 47^a	767 ± 10^a	1,8 ± 0,1^a
70	1,4 ± 0,1^a	180 ± 51^{ab}	581 ± 16^b	1,2 ± 0,1^b

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

A acidez titulável seguiu a mesma tendência, sendo que para as amostras secas em 60 e 70°C não houve diferença significativa. Os carotenoides apresentaram uma maior concentração para a temperatura de secagem de 60°C. E o teor de compostos fenólicos não apresentou diferença significativa entre as temperaturas de secagem, com exceção dos resultados da concentração de compostos fenólicos das amostras secas a 70°C, a qual apresentou o menor valor, entretanto pode-se verificar que houve uma tendência de maior retenção destes compostos para amostras secas a 60°C, seguidas da amostras secas a 50°C, pela mesma razão explicada com relação ao ácido ascórbico.

Portanto, pode-se entender a partir desses resultados que a temperatura de 70°C é uma temperatura elevada quando se considera a conservação dos compostos bioativos, enquanto que a temperatura de 50°C é muito branda, demandando um longo período de exposição da amostra ao ar de secagem quente, visto que todos esses compostos são sensíveis ao aquecimento, oxigênio e luz.

Com relação a cor das amostras, pode-se observar na Tabela 4 que o parâmetro L* não apresentou diferença significativa entre as amostras secas a 50 e 70°C, essas amostras por sua vez, demonstraram um perfil mais luminoso quando comparado com a amostra seca na temperatura de 60°C. Para o parâmetro H* houve uma variação significativa para a amostra desidratada na temperatura de 60°C esse parâmetro identifica a tonalidade, ou seja, a cor propriamente dita, sendo que, todas as amostras estão dentro da faixa de 0° a 90°, entretanto a que mais apresentou a tendência para o amarelo (mais próxima de 90°) foi a amostra seca a 60°C.

Tabela 4 - Medidas de cor das polpas de guabiroba secas nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Temperatura de secagem (°C)	L*	C*	H*
Polpa <i>in natura</i>	46 ± 2^c	48 ± 1^c	71 ± 1^c
50	35 ± 1^a	23 ± 1^b	57 ± 3^b
60	32 ± 1^b	28 ± 2^a	63 ± 2^a
70	35 ± 1^a	26 ± 2^{ab}	57 ± 1^b

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

Da mesma forma ocorre com o parâmetro C*, o qual indica que as amostras secas a 60°C tem mais intensidade de cor quando comparadas com as demais. Este resultado pode estar vinculado as reações de escurecimento, decorrentes dos açúcares presentes na amostra, bem como, as reações de caramelização e de maillard, contribuindo para a decomposição da cor da amostra, visto que, assim como para os compostos bioativos, a temperatura de 70°C é muito alta, acelerando a decomposição e a temperatura de 50°C é muito baixa, demandando um tempo maior de exposição para a secagem. (FELLOWS, 2006).

Pelos resultados dos tempos de secagem, bem como conservação dos compostos bioativos na polpa de guabiroba seca e coloração das amostras finais, optou-se por trabalhar na temperatura de 60°C para as estufas.

4.3. ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM

A partir dos dados de umidade da polpa de fruta seca nos diferentes equipamentos, obtidos através do acompanhamento da perda de massa ao longo do processo de secagem foram construídas as curvas de umidade (base seca, X_{bs}) em função do tempo de secagem. Através dessas curvas foram identificados os diferentes tempos de secagem da polpa de fruta, considerando a umidade de equilíbrio a umidade atingida quando a taxa de secagem se anula (massa da amostra é constante).

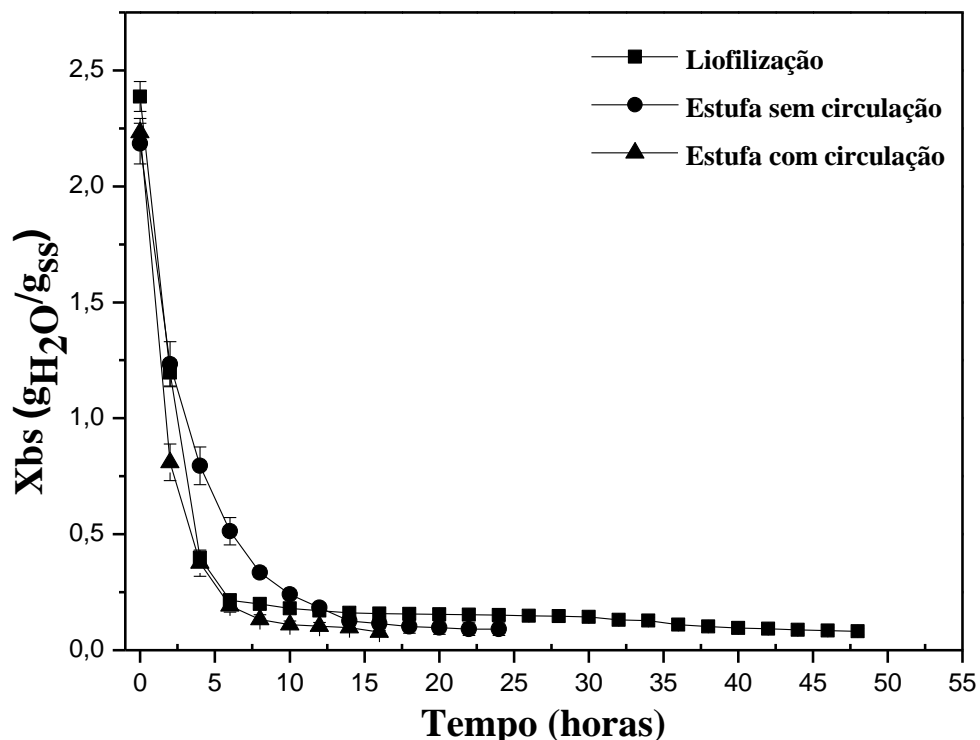
Na Figura 5 são mostradas as curvas de secagem da polpa de guabiroba seca em estufa sem circulação de ar (60°C), estufa com circulação e renovação de ar forçado (60°C) e liofilizada. É possível observar que a taxa de secagem decai em função do tempo, mas para a estufa com circulação de ar e para o processo de liofilização, as primeiras 6 horas a taxa de secagem é mais acentuada, caracterizando o período de velocidade (taxa) constante, já para a estufa sem circulação de ar este comportamento pode ser verificado até a décima hora de secagem.

Nesta primeira parte do processo onde a taxa de secagem é elevada, toda a água evaporada é fundamentalmente água livre contida no alimento, especialmente na sua superfície, portanto, nessas condições a superfície do alimento comporta-se como a “camisa” do termômetro de bulbo úmido e à medida que a água se movimenta do interior para a superfície da amostra, torna-se menor a taxa na qual a água é evaporada. Desta forma o produto começa a secar na sua superfície, e conseqüentemente a temperatura dessa superfície aumentará até alcançar a temperatura de bulbo seco do ar de secagem caracterizado pelo início do período de taxa constante, ou seja, nesta fase da secagem não ocorre mais transferência de massa e nem de calor (o sistema encontra-se em equilíbrio) (FELLOWS, 2006).

No caso da liofilização, a amostra é desidratada por meio de dois estágios, sendo o primeiro caracterizado pela sublimação até um teor de umidade de aproximadamente 15% (m/m) seguido da evaporação da água não congelada, a taxa de secagem nesse caso irá depender principalmente da resistência do alimento a transferência de calor. A medida que a liofilização avança, o calor latente da sublimação alcança, por condução, o interior da amostra, então a transferência de massa ocorre através de micro-ondas e o vapor sai do alimento através de pequenas aberturas formadas pela ação da sublimação da água no estado sólido (FELLOWS, 2006).

A medida que a secagem prossegue, a camada seca da amostra se torna maior, aumentando assim a resistência ao fluxo de calor e conseqüentemente a secagem. Isso ocorre por que a camada seca da polpa de fruta tem condutividade térmica muito baixa, semelhante à dos materiais isolantes (FELLOWS, 2006). Assim o tempo de secagem para produtos liofilizados também dependerá da transferência de calor e massa, variando com o tipo de amostra. A transferência de calor ocorre até a frente de sublimação, onde se encontra a fronteira do produto seco e congelado, dessa maneira o vapor de água é conduzido até a superfície por meio da transferência de massa, que também será dependente da estrutura do produto, a partir daí o vapor de água é transferido através do produto seco até a superfície e removido por meio do vácuo. Cada ponto apresentado na Figura como a média e intervalo de confiança ($n = 3$) para 95% de confiabilidade.

Figura 5 - Cinética de secagem da polpa de guabiroba realizada em estufa de secagem com e sem circulação de ar forçado e em liofilizador.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 5 também mostra a influência do tipo de equipamento utilizado no processo de secagem. No ensaio realizado em estufa com circulação de ar forçado observa-se que a redução do teor de água é mais rápida, totalizando 16 horas de secagem, enquanto que nos ensaios conduzidos em estufa sem circulação de ar e no liofilizador a secagem ocorreu de forma mais lenta, sendo necessários 24 e 48 horas respectivamente. É importante ressaltar que o longo tempo de secagem destes experimentos decorre da metodologia empregada para a obtenção dos dados cinéticos, visto que as bandejas foram retiradas com certa frequência (a cada 2 horas) dos equipamentos para terem suas massas medidas, interferindo no processo contínuo de secagem, portanto nos experimentos realizados para a produção do material para análise e estudo da vida de prateleira, o tempo de secagem foi menor.

De acordo com a literatura, os diferentes tempos para a secagem nas estufas ocorrem devido à transferência de calor e massa característico de cada processo. Quando a secagem ocorre por meio do contato com um fluido, geralmente ar quente (estufa com circulação de ar forçado) a transferência de calor se dá por convecção, e a principal resistência provém de uma camada fina de fluido inerente a superfície do produto, também chamado de filme gasoso estagnado ou ainda camada-limite, considerando-a constante durante o processo de secagem,

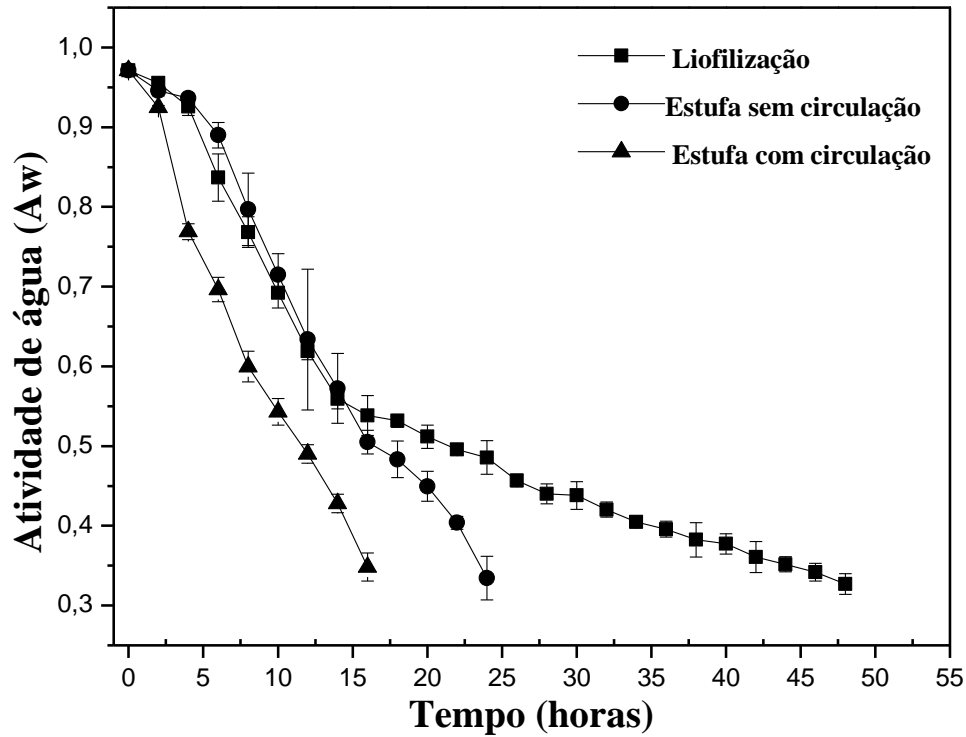
sendo que no interior desse filme, a transferência de calor ocorre por meio da condução, e da mesma maneira ocorre no interior do produto, independentemente do processo de secagem.

Na condição em que não se tem circulação forçada do ar, a taxa de secagem se anula num intervalo de tempo maior devido à resistência da transferência de massa. No caso da secagem realizada em estufa com circulação de ar, quando o ar quente passa sobre a amostra úmida, o vapor d'água se difunde através da camada-limite ao redor do alimento e é levado juntamente com a corrente de ar em movimento. Já no caso da estufa de secagem sem circulação de ar, a velocidade do ar é muito baixa, o que dificulta a difusão e consequentemente a transferência de massa. Essa camada limite, ou filme estagnado atua como uma barreira na transferência de calor e de massa, e sua espessura pode ser controlada pela velocidade do ar, portanto, mais uma vez é explicada a diferença de tempo de secagem entre as duas diferentes estufas.

A A_w , como consequência da redução do teor de umidade também deverá diminuir com o tempo de secagem para cada um dos métodos, esse comportamento pode ser observado pelos dados experimentais na Figura 6, abaixo.

Para a secagem em estufa sem circulação de ar e a liofilização ocorre um comportamento de decaimento na A_w semelhante até o tempo de 14 horas, após esse período observa-se um comportamento mais constante na liofilização. Para a secagem em estufa com circulação de ar forçado, a taxa de declínio na atividade de água foi bem mais acentuada quando comparada com os demais equipamentos. Cada ponto apresentado na Figura como a média e intervalo de confiança ($n = 3$) para 95% de confiabilidade.

Figura 6 - Curvas de atividade de água da polpa de guabiroba em função do tempo de secagem para os diferentes equipamentos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A A_w está relacionada com a estabilidade e vida de prateleira do produto através da disponibilidade de água existente no mesmo, ao final da secagem foi possível obter amostras com atividades de água na faixa de 0,3 - 0,35.

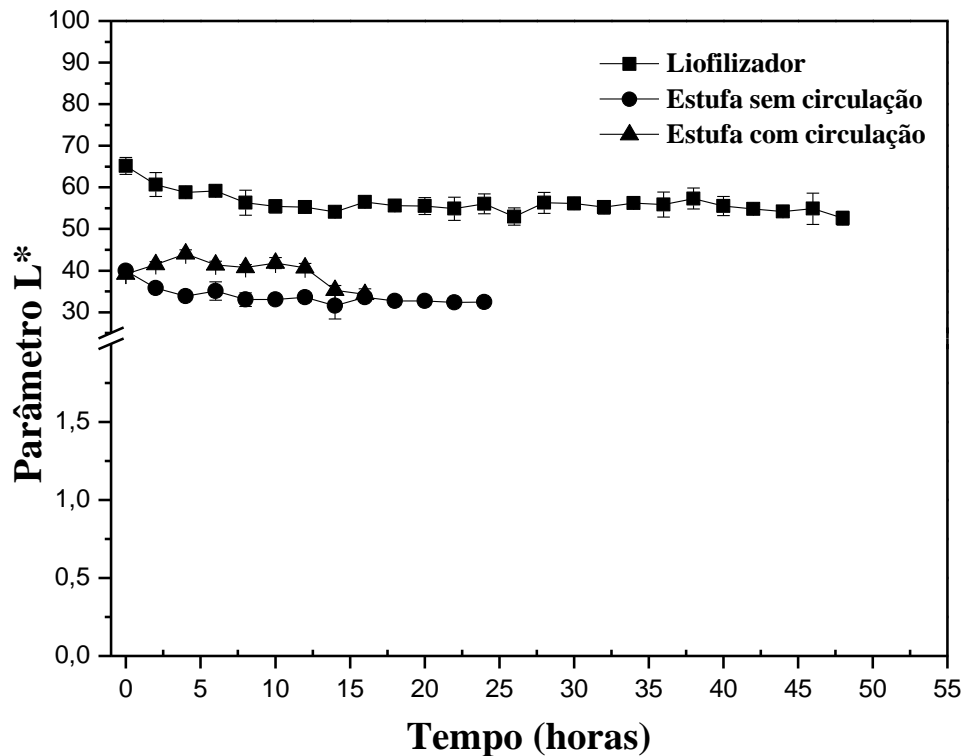
4.3.1. Avaliação do comportamento da cor durante o processamento de secagem

A cor é um atributo muito importante quando se refere aos alimentos desidratados. Os parâmetros L^* , a^* e b^* foram monitorados durante o processo de secagem da polpa de guabiroba para os três processos de secagem e são mostrados nas Figuras 7, 8 e 9 abaixo.

O parâmetro L^* representa a luminosidade da amostra em uma escala de 0 a 100 sendo 0 considerado a luminosidade mínima e 100, luminosidade máxima. Para os três processos de secagem foram observadas pequenas variações, sendo que as amostras liofilizadas apresentaram uma maior luminosidade, tanto no início quanto ao final do processo de secagem. Essa característica pode estar associada ao congelamento prévio da amostra, visto que as amostras secas nas estufas foram ao equipamento na temperatura ambiente na forma líquida/pastosa, enquanto a amostra a ser liofilizada foi resfriada a $-80\text{ }^\circ\text{C}$ e todo o processo de

secagem foi realizado com a amostra congelada. Cada ponto apresentado na Figura como a média e intervalo de confiança ($n = 3$) para 95% de confiabilidade.

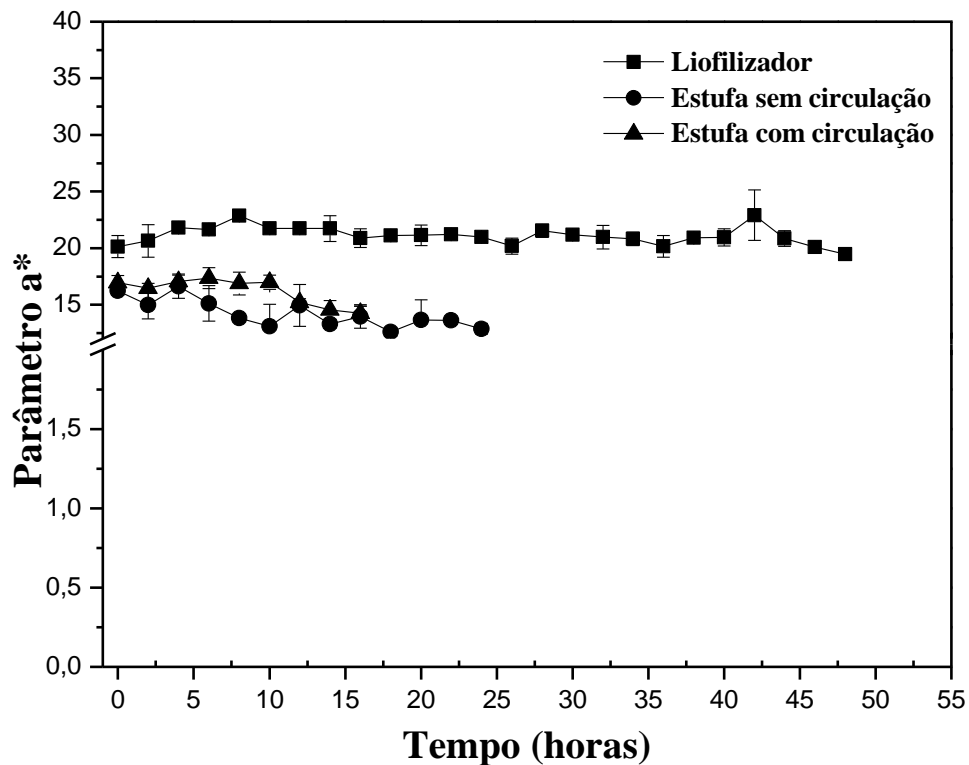
Figura 7 - Curvas de comportamento do parâmetro L^* durante a secagem da guabiroba em função do tempo de secagem para os diferentes equipamentos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Com relação ao parâmetro a^* , o qual indica a tendência ao vermelho, também não foram observadas mudanças significativas durante o período de secagem para os três processos, sendo que para as amostras liofilizadas, assim como no parâmetro L^* , o parâmetro a^* também apresentou um valor maior, e variou pouco durante o processo. Cada ponto apresentado na Figura como a média e intervalo de confiança ($n = 3$) para 95% de confiabilidade.

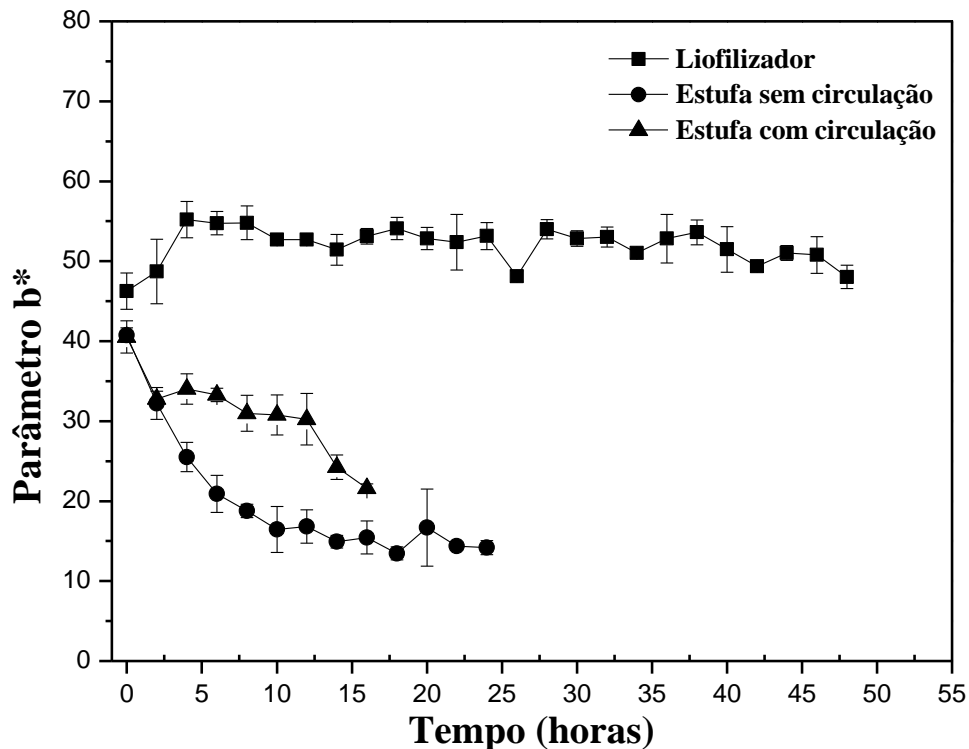
Figura 8 - Curvas de comportamento do parâmetro a^* durante a secagem da guabiroba em função do tempo de secagem para os diferentes equipamentos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Embora a análise dos três parâmetros de cor seja importante na avaliação da qualidade do produto, no caso da guabiroba cuja cor predominante é o amarelo/alaranjado, o parâmetro b^* é o mais relevante para a discussão nas diferenças de cor resultantes no processo de secagem, pois este parâmetro está relacionado com o conteúdo de carotenoides, o qual tende a diminuir em função da temperatura e do tempo de exposição a atmosfera (SANTOS, 2011). Nesse caso, a Figura 9, mostra a variação do parâmetro b^* durante o processo. São observadas diferenças nas três curvas, sendo que para a amostra liofilizada, assim como para os demais parâmetros, houve uma pequena variação de b^* , sendo essa variação é mais acentuada para as amostras secas nas estufas. Cada ponto apresentado na Figura como a média e intervalo de confiança ($n = 3$) para 95% de confiabilidade.

Figura 9 - Curvas de comportamento do parâmetro b^* durante a secagem da guabiroba em função do tempo de secagem para os diferentes equipamentos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a amostra seca em estufa com circulação de ar forçado, esse parâmetro sofre uma redução bem acentuada, assim como para as amostras secas em estufa sem circulação de ar, que teve uma redução ainda maior devido ao longo tempo de exposição a temperatura e a atmosfera devido o processo de secagem ser mais lento. Esse comportamento pode estar fortemente associado com as reações de escurecimento e/ou maillard (ORDONEZ, 2005).

Essas reações também podem ser chamadas de reações não enzimáticas, pois acontecem na presença de aminoácidos e açúcares redutores, podem gerar uma gama de compostos intermediários durante o processo de escurecimento, como açúcares redutores, carbonilas simples, dicarbonilas e α , β -carbonilas insaturadas. Estes compostos intermediários, como por exemplo, os dicarbonílos, são muito reativos e podem reagir com resíduos de lisina e arginina nas proteínas e formar compostos estáveis. Reações de fragmentação ou polimerização podem acontecer, gerando como produto, além de compostos voláteis como cetonas e aldeídos, as melanoidinas que apresentam cor marrom. Em alguns produtos como, produtos de panificação assados, a formação de melanoidinas é desejável, entretanto quando se deseja manter as características do produto *in natura*, como no caso da polpa de guabiroba em pó, essas reações são indesejáveis (MACHADO, 2006; SHIBAO, 2011).

4.3.2. Avaliação da retenção dos compostos bioativos durante a secagem

O conteúdo de compostos bioativos presentes na polpa de guabiroba foi avaliado através de análises da concentração do ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides em três estágios da secagem, no tempo inicial, após 12 horas e ao término de cada secagem, sendo este tempo final de 18 horas para a estufa com circulação de ar forçado, 24 horas para a estufa de secagem sem circulação de ar e 48 horas para as amostras liofilizadas. As concentrações dos compostos bioativos estão expressas em base seca, sendo que para isso, foram calculadas as umidades finais das amostras após cada tempo de secagem. Os resultados estão nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 apresentadas na sequência.

Observa-se pela Tabela 5, que os teores de ácido ascórbico (vitamina C) para todas amostras se diferiram significativamente durante o período de secagem, sendo que a amostra que mais perdeu esse composto durante o processo foi a polpa seca em estufa com circulação de ar, ficando retido apenas 2,5% do conteúdo inicial, seguida da estufa sem circulação de ar com 3,5% e da amostra liofilizada com 12% do conteúdo total de ácido ascórbico. Essa baixa retenção da vitamina C é explicada pela sua grande instabilidade durante o processamento, principalmente devido às reações não-enzimáticas, oxidativas e não oxidativas (WONG, 1995).

Tabela 5 - Resultados da concentração do ácido ascórbico (mg /100 g) na polpa de guabiroba antes, durante e após as secagens.

Período de secagem	Com circulação	Sem circulação	Liofilização
Tempo inicial	5926 ± 21^{aA}	5926 ± 21^{aA}	5926 ± 21^{aA}
Tempo 12 horas	608 ± 13^{bB}	658 ± 26^{bB}	1757 ± 91^{aB}
Tempo final	150 ± 10^{bC}	210 ± 40^{bC}	720 ± 20^{aC}

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). **Fonte:** Elaborada pelos autores

Breda (2011) constatou uma degradação de 17% no conteúdo total de ácido ascórbico para o processo de secagem *foam mat*, Silva et al (2008) observou perdas de 48%, outros trabalhos ainda para secagem convencional, relatam perdas acima de 80% (SANJINEZ-ARGANDOÑA et al., 2005; VERMA et al., 2004), este resultado mostra que os valores encontrados neste trabalho estão coerentes, sendo que a baixa retenção da vitamina C para o

pó obtido a partir do processo de liofilização pode estar relacionado com a forte incidência de luz durante o processo.

A mesma tendência de degradação foi observada para os compostos fenólicos, sendo que de acordo com a Tabela 6, houve uma maior degradação no processo realizado na estufa com circulação de ar forçado, seguida da estufa sem circulação de ar seguido do processo de liofilização.

Tabela 6 - Resultados da concentração dos compostos fenólicos (mg/100 g) na polpa de guabiroba antes, durante e após as secagens.

Período de secagem	Com circulação	Sem circulação	Liofilização
Tempo inicial	2654 ± 69^{aA}	2654 ± 69^{aA}	2654 ± 69^{aA}
Tempo 12 horas	1015 ± 68^{cB}	2098 ± 87^{bB}	2585 ± 13^{cA}
Tempo final	502 ± 44^{cC}	747 ± 10^{bC}	1732 ± 40^{aB}

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). **Fonte:** Elaborada pelos autores

Para as amostras secas em estufa com e sem circulação de ar forçada e liofilizada foi observada no tempo de 12 horas uma perda de aproximadamente 62, 21 e 3% dos compostos fenólicos respectivamente. De forma análoga para o tempo final de secagem para cada processo a perda foi de aproximadamente 81, 72 e 35%. Estes resultados podem ser explicados devido as próprias características intrínsecas dessas moléculas, uma vez que são considerados compostos termolábeis, assim como o ácido ascórbico.

O conteúdo total de fenóis apresentado, foi superior no processo de liofilização, e inferior nos dois processos de secagem em estufa, quando comparados ao resultado encontrado por Chung (2016) o qual retratou uma perda de 65,47% em média de compostos fenólicos para a polpa de guabiroba seca pelo processo de secagem em spray dryer.

Os carotenoides também são compostos que estão presentes em grande concentração na guabiroba, entretanto, assim como a vitamina C e os compostos fenólicos, também são sensíveis a ação do calor, oxigênio e da luz. Tal fato pode ser observado pelos resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados da concentração dos carotenóides (mg/100 g) na polpa de guabiroba antes, durante e após as secagens.

Período de	Com circulação	Sem circulação	Liofilização
------------	----------------	----------------	--------------

secagem			
Tempo inicial	31,3 ± 0,7^{aA}	31,3 ± 0,7^{aA}	31,3 ± 0,7^{aA}
Tempo 12 horas	5,8 ± 0,6^{bB}	5,1 ± 0,2^{bB}	26,4 ± 0,2^{aB}
Tempo final	2,1 ± 0,1^{bC}	1,8 ± 0,1^{bC}	14,4 ± 0,3^{aC}

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores

Para o tempo de 12 horas, houve uma degradação de 82, 84 e 16% nos teores de carotenoides para as estufas com e sem circulação de ar e para a liofilização, respectivamente. O tempo final do processo resultou em uma degradação de 93, 94 e 54% dos carotenóides para os três processos, respectivamente.

Chung (2016) e Breda (2011) não chegaram a quantificar os valores de degradação dos carotenoides durante o processo de secagem por camada de espuma e spray dryer, porém, Breda (2011) ressalta que tais moléculas constituem o grupo de pigmentos principais presentes na polpa, e sua retenção ou perda durante qualquer tipo de processamento pode afetar os parâmetros de qualidade da coloração característicos do produto. A principal causa de perdas ou destruição dos carotenoides, assim como o ácido ascórbico e os compostos fenólicos, deve-se a oxidação enzimática e não enzimática (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; SANZ et al., 2001).

Os valores de acidez titulável total (Tabela 8) não apresentaram diferenças significativas entre si para o tempo de 12 horas para as amostras secas em estufa com e sem circulação de ar, bem como para o tempo final de secagem. Pode-se observar também, que as amostras apresentaram um declínio mais acentuado na acidez durante as primeiras 12 horas de secagem, não demonstrando diferença significativa com os resultados obtidos no tempo final. Todavia, a redução no teor da acidez titulável foi bem acentuada quando comparada com o tempo inicial, apresentando uma queda de aproximadamente 71, 65 e 55% ao final da secagem para as estufas com e sem circulação de ar forçado e liofilizadas, respectivamente. Tais valores podem ser observados na tabela 8.

Tabela 8 - Resultados da acidez titulável total (g de ácido cítrico/100 g) na polpa de guabiroba antes, durante e após as secagens.

Período de secagem	Com circulação	Sem circulação	Liofilização
Tempo inicial	4,0 ± 0,1^{aA}	4,0 ± 0,1^{aA}	4,0 ± 0,1^{aA}

Tempo 12 horas	1,1 ± 0,1^{bB}	1,3 ± 0,1^{bB}	1,7 ± 0,1^{aB}
Tempo final	1,2 ± 0,1^{bB}	1,4 ± 0,1^{bB}	1,8 ± 0,1^{aB}

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores

Através da tabela acima, pode-se verificar um grande decréscimo na acidez titulável total, autores como Cruz (2013) e Soares (2001) ao obter, respectivamente, polpa de goiaba e acerola em pó, através do processo de camada de espuma, relatam comportamento diferente ao encontrado no presente estudo, ambos os autores encontraram uma acidez 7 vezes maior do pó em relação a polpa *in natura*. Tal fato pode estar relacionado a degradação de ácidos nessas condições devido a à oxidação dos ácidos orgânicos presentes nas amostras (CECCHI, 2003).

Outro fato que deve ser considerado em relação ao decréscimo para esse parâmetro quando comparado com a polpa *in natura* é a adição de 20% de maltodextrina na polpa, de forma a “diluir” os ácidos orgânicos presentes na amostra, alguns estudos relatam comportamento similar, Silva (2005) relatou um decréscimo de 32% na acidez titulável total para a polpa de cajá ao adicionar 15% de maltodextrina e Oliveira et al (2006) adicionou 15% de maltodextrina em polpa de pitanga e também observou uma redução de 32% na acidez titulável pela secagem em spray dryer.

4.4. AVALIAÇÃO DA POLPA DE GUABIROBA EM PÓ

4.4.1. Cor

A cor é um aspecto muito importante dos alimentos em pó, pois existe uma importância tecnológica devido a cor ser usada como parâmetro de qualidade para um determinado produto. Tal atributo ainda pode estar fortemente relacionado com a composição química ou com o seu grau de adulteração, pois a cor é como uma espécie de índice de transformação de um alimento seja ele de forma natural ou ocorrida durante um processo industrial (BARBOSA, 2010).

A percepção visual que consiste a cor é resultado da detecção da luz com um determinado objeto, em três dimensões: tonalidade cromática (H*), luminosidade e/ou brilho (L*) e pureza (C*). Na Tabela 9 abaixo, estão apresentados os valores dos parâmetros de cor da guabiroba em pó com 20% de maltodextrina obtida a partir da secagem em estufa sem circulação de ar forçado, estufa com circulação e renovação de ar forçado e pelo processo de

liofilização, e os valores do ΔE (diferença de cor total), o qual relaciona as modificações provocadas por processos e tratamentos na coloração dos alimentos em relação a amostra padrão, que nesse caso é a polpa de guabiroba *in natura* com 20% de maltodextrina.

Tabela 9 - Parâmetros de cor da polpa *in natura* e para a polpa de guabiroba em pó para os três processos.

	Luminosidade (L*)	Croma (C*)	Ângulo hue (H*)	(ΔE)
Polpa <i>in natura</i>	46 ± 2^c	48 ± 1^b	71 ± 4^a	-
Com circulação	60 ± 1^b	28 ± 1^c	67 ± 1^c	33 ± 1^b
Sem circulação	60 ± 1^b	24 ± 1^d	59 ± 1^d	35 ± 1^a
Liofilização	68 ± 1^a	53 ± 1^a	68 ± 1^b	26 ± 1^c

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

De modo geral, os três processos influenciaram em todos os parâmetros de cor da polpa de guabiroba em pó (Tabela 9). O maior valor para a luminosidade, parâmetro L*, foi observado para as amostras liofilizadas, uma vez que, o pó apresentou uma coloração mais clara (Figura 10). A maltodextrina também interfere neste resultado, visto que a mesma possui coloração clara, influenciando nas análises. As amostras secas em estufa com e sem circulação de ar não apresentaram diferença significativa entre si.

Tanto o parâmetro C* quanto o parâmetro H*, se diferenciaram estatisticamente entre todas as amostras, inclusive a da amostra *in natura*, esse fato pode ser explicado, uma vez que ambos os parâmetros são dependentes da coordenada b* e como pode ser observado na Figura 9, o parâmetro b* sofreu grande variação durante a secagem.

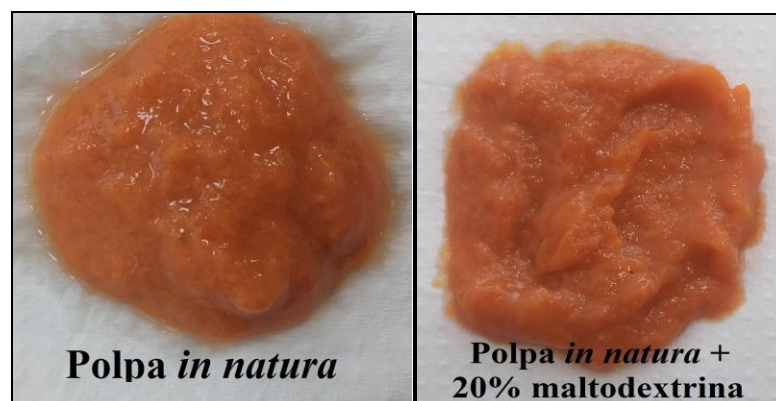
Outra característica que pode ser observada é que os valores para o parâmetro croma (C*), foram em todos os processos de secagem, menor que os valores do ângulo Hue (H*), tal fato pode ser relacionado com a adição do agente carreador, maltodextrina, que possui coloração branca e desse modo, torna menos intensa a coloração devido a diluição dos pigmentos presente na polpa da fruta, comportamento semelhante foi descrito por Ferreira (2015), na obtenção da polpa de cajá em pó pelo processo de secagem em leito de jorro.

O ângulo de tom (H*) ficou dentro da faixa esperada (0 e 90°), ou seja, a coloração ficou entre vermelho e amarelo, como pode ser visualizado na Tabela 9 e na Figura 10 e. Segundo Chung (2016) o fator que mais influência no parâmetro de tom de coloração (H*) é a adição de maltodextrina, o autor ainda ressalta que quanto maior for a concentração do agente carreado maior será o valor de H*, o que de certa forma é desejável, visto que quanto maior for este parâmetro, mais próximo da coloração amarela a amostra ficará, o que é desejável, pois é a cor da polpa de guabiroba *in natura*.

O parâmetro ΔE , é um número absoluto que relaciona a diferença de cor das coordenadas L^* , a^* e b^* , através desta análise é possível determinar as modificações provocadas por processos e tratamentos sobre a cor dos alimentos, em relação a amostra padrão (*in natura*). Quanto maior for a magnitude deste gradiente (ΔE), mais distinta será a cor do produto avaliado com relação a amostra padrão. Tal parâmetro é bastante utilizado em trabalhos que tem por objetivo avaliar o efeito da desidratação na cor dos alimentos. (BARRETO, 2011).

Os resultados obtidos para ΔE (Tabela 9) indicaram diferença significativa entre todas as amostras, sendo que a desidratada pelo processo de liofilização apresentou menor valor de ΔE , o que significa uma menor degradação/modificação da cor durante a secagem em comparação com as amostras secas em estufa. Segundo Castellar; Obón e Fernandez-Lopez, (2006) valores de ΔE iguais ou superiores a 5 já são suficientes para discernir a coloração das amostras visualmente, portanto, todos os processos de secagem estudados neste trabalho produziram diferença significativa de coloração em relação a amostra *in natura*. Outros processos de secagem de polpa de guabiroba apresentados na literatura não enfatizam as características de coloração, tampouco demonstram a diferença de coloração (ΔE) do pó produzido em relação a polpa da fruta *in natura*.

Figura 10 - Fotografias da polpa de guabiroba *in natura* e em pó com 20% de maltodextrina, obtidos a partir da secagem em estufa com e sem circulação de ar forçado e pelo processo de liofilização.





Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 10 mostra as fotografias dos pós de polpa de guabiroba obtidos por secagem em estufa sem circulação de ar, estufa com circulação e renovação de ar forçado e por liofilização, com 20% de maltodextrina. As amostras produzidas apresentaram um tom de coloração próximo ao amarelo e alaranjado/marrom, de modo geral, para os três processos, a aparência pode ser considerada solta com textura pegajosa, quando manipulados, o que está relacionado com a alta concentração de açúcares. A polpa da fruta *in natura* possui como coloração, alaranjado intenso, desta forma, o aparecimento da cor marrom pode estar associado com as reações não enzimáticas como a de caramelização e a de maillard.

4.4.2. Umidade, atividade de água, solubilidade e tempo de reconstituição

Na Tabela 10, estão apresentados os valores para a umidade, atividade de água, solubilidade em água e tempo de reconstituição da guabiroba em pó com 20% (m/m) de maltodextrina obtida a partir da secagem em estufa com e sem circulação de ar forçado e pelo processo de liofilização, sendo que a secagem foi conduzida até atingir a umidade de equilíbrio do produto desidratado, demandando tempos de secagem de 16, 24 e 48 horas respectivamente.

Tabela 10 - Umidade, atividade de água, solubilidade e tempo de reconstituição dos pós de polpa de guabiroba obtido pelos três processos de secagem.

Umidade	Atividade	Solubilidade	Tempo de
---------	-----------	--------------	----------

	(b. u.)	de água (Aw)	(%)	reconstituição (s)
Com circulação	7,3 ± 0,1^a	0,32 ± 0,03^a	74 ± 3^b	312 ± 1^b
Sem circulação	8,2 ± 1,3^a	0,35 ± 0,02^a	73 ± 2^b	375 ± 1^a
Liofilização	7,4 ± 1,1^a	0,31 ± 0,01^a	81 ± 6^a	255 ± 1^c

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

O teor de umidade da polpa de guabiroba em pó com 20% (m/m) de maltodextrina variou entre 7,3% a 8,2% em base úmida (Tabela 10), esse intervalo de umidade foi superior ao obtido por Chung (2016), 5,41 %, ao avaliar a umidade do pó de guabiroba pelo processo de secagem em spray dryer; e por Breda (2011), de 5,0%, que desidratou a polpa de guabiroba pelo processo de secagem em camada de espuma, essa diferença é explicada pelas características de cada processamento, sendo que cada processo realizado possuem diferentes capacidades de convecção e condução o que afeta diretamente na transferência de massa do produto.

Chung (2016) ainda ressalta que o agente carreador pode ser um fator que tem muita influência na umidade final das amostras, e que a escolha da maltodextrina como agente carreador proporciona a obtenção de pós com a umidade final mais baixa. Outros agentes carreadores não tem a mesma propriedade, tal fato é verificado por estudos como o de, Sahin-Nadeem et al (2013), o qual verificou que amostras de sálvia secas com goma arábica ficaram mais úmidas que as amostras secas com a maltodextrina.

A Aw é conceitualmente diferente da umidade, embora as duas estão relacionadas a quantidade de água presente na amostra. A Aw representa a água livre no sistema alimentício e é responsável pelas reações bioquímicas, já o teor de umidade está relacionado com a composição de água em toda a matriz do alimento (FAZAELI, 2012).

A Aw variou entre 0,31 a 0,35 (Tabela 10) independentemente do tipo de processo utilizado para a obtenção dos pós de guabiroba. Todas as amostras apresentaram valores desejáveis quando considerada a estabilidade, tais valores representam menos água livre disponível para o crescimento microbiano e reações bioquímicas, permitindo um *shelf life* maior para o produto (ORDONEZ, 2005). Assim como na umidade, os resultados encontrados neste estudo para a Aw também foram similares aos resultados encontrados por Chung (2016) e Breda (2011) de 0,35 e 0,257 respectivamente.

A Tabela 10 ainda mostra os valores de solubilidade, os quais apresentaram diferença significativa entre a secagem conduzida em estufa com e sem circulação de ar e liofilizadas, sendo que o melhor resultado foi obtido para o pó liofilizado. Tal fato pode estar relacionado com a temperatura e tempo de secagem das estufas, pois em temperaturas maiores, podem

formar-se camadas duras sobre a superfície do pó (ilustrado na Figura 11) dificultando a difusividade da água sobre as partículas granulométricas, prejudicando a molhabilidade e consequentemente, reduzindo a solubilidade do pó (BARBOSA, 2010).

Os valores obtidos para a amostra liofilizadas foram satisfatórios, visto que foram bem próximos do resultados obtidos por Chung (2016) os quais variaram de 81,34 a 83,92% para a polpa de guabiroba obtida pelo processo de secagem em spray dryer utilizando diferentes concentrações de maltodextrina. O autor ainda ressalta que esta solubilidade é relativamente alta, quando comparada com a secagem conduzida utilizando outros tipos de carreadores.

Figura 11 - Microscopia óptica com aumento de 1x dos pós de guabiroba obtido por secagem sem estufa com e sem circulação de ar forçado e por liofilização.



Escala correspondente a 0,25 mm da amostra. Fonte: Elaborada pelos autores.

Através da Figura 11 é possível observar como o tipo de processo de secagem pode influenciar na aparência dos pós produzidos por diferentes processos. As amostras obtidas pela secagem em estufa com e sem circulação de ar, apresentam uma aparência de pó aglomerado, com pequenas incrustações de cor marrom entre os grânulos, já a amostra liofilizada mostra uma aparência com grânulos soltos, de cor uniforme e menos pegajosos. Dacanal (2005) também ressalta a interferência do tempo e temperatura de secagem na solubilidade, evidenciando que amostras submetidas a longos períodos em altas temperaturas tendem a ser menos solúveis, isso por que as pontes ligantes que ocorrem durante a aglomeração de partículas, podem se tornar menos flexíveis que nos processos onde a temperatura e o tempo de exposição são menores, afetando consequentemente o tempo de reconstituição. Assim, quanto maior for a temperatura e o tempo de exposição, maior será o tempo necessário para a amostra solubilizar.

Para alimentos em pó, a solubilidade é uma das características mais importantes em méritos da qualidade. Tal característica remete-se a habilidade dos pós em formar soluções

uniformes e homogêneas em contato com um fluido na fase líquida, sendo o mais usual a água. (SAHIN-NADEEM et al., 2013). Na Figura 12, são apresentadas as imagens das amostras após sua reconstituição.

Figura 12 - Fotografias das polpas de guabiroba em pó com 20% de maltodextrina, reconstituída.



Fonte: Elaborada pelos autores.

As três amostras apresentaram boa aparência e consistência, entretanto houve uma diferença significativa no tempo em que cada uma delas levou para ser totalmente reconstituída. Esse fato é confirmado pelos resultados de solubilidade deste trabalho, onde as amostras que foram secas em estufa sem circulação de ar durante 24 horas a 60°C apresentaram um tempo de reconstituição de 375 segundos, seguidas das amostras secas em estufa com circulação de ar durante 16 horas a 60°C, com 312 segundos, seguidas das amostras liofilizadas, 255 segundos (Tabela 10). Resultado semelhante foi encontrado por Souza (2009) ao reconstituir uma mistura de polpas de frutas tropicais em leite e jorro, 300 segundos. Chung (2016) e Breda (2011) não apresentaram resultados de tempo de reconstituição para os pós de guabiroba produzidos a partir do processo de camada de espuma e por spray dryer.

4.4.3. Conteúdo total dos Compostos Bioativos e acidez titulável

Os resultados obtidos para os teores de acidez titulável e de compostos bioativos (compostos fenólicos, carotenoides e ácido ascórbico) avaliados na polpa de guabiroba em pó com 20% (m/m) de maltodextrina obtida a partir da secagem em estufa com e sem circulação de ar forçado e pelo processo de liofilização (tempo de secagem igual a 16, 24 e 48 horas, respectivamente), estão apresentados na Tabela 11.

Para expressar os resultados, foram descontadas a massa (20%) da maltodextrina, sendo esses resultados expressos em base seca, para uma melhor visualização e comparação, além dos resultados das amostras desidratadas, também estão apresentados os respectivos valores para a polpa *in natura*.

Tabela 11 - Resultados das análises de acidez titulável total, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos para o produto em pó obtido através de três processos distintos.

Processo	Acidez titulável (g / 100 g)	Ácido ascórbico (mg / 100 g)	Compostos fenólicos (mg /100 g)	Carotenoides totais (mg/100g)
Polpa <i>in natura</i>	4,7 ± 0,2^a	5986 ± 47^a	2924 ± 87^a	33,7 ± 0,8^a
Com circulação	1,2 ± 0,1^c	150 ± 10^c	502 ± 44^d	2,1 ± 0,1^c
Sem circulação	1,4 ± 0,1^c	210 ± 40^c	747 ± 10^c	1,8 ± 0,1^c
Liofilização	1,8 ± 0,1^b	720 ± 20^b	1732 ± 40^b	14,4 ± 0,3^b

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Fonte: Elaborada pelos autores.

A tabela acima nos mostra que todas as amostras liofilizadas se diferiram estatisticamente das demais em relação a concentração dos compostos bioativos e a acidez total permanecendo maior concentração maior quando comparado com os outros processos de secagem, por outro lado quando se compara a secagem realizada em estufa, é possível observar que, com a exceção dos compostos fenólicos, nenhum dos parâmetros analisados apresenta diferença significativa, portanto, em relação aos compostos bioativos, pode-se afirmar que ambas as estufas, apresentarem diferença significativa, degradam mais os compostos bioativos e ácidos (principalmente a com circulação de ar forçado) quando comparado com a liofilização, em relação a amostra *in natura*.

A comparação dos dados em massa seca permite visualizar o impacto causado pelo processo de secagem em relação a polpa *in natura*, conforme apresentado em forma de porcentagem de retenção destes compostos, como apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Porcentagem de retenção dos compostos bioativos e acidez titulável total para os pós de guabiroba em relação a polpa *in natura*.

	Porcentagem de retenção			
	Acidez titulável	Ácido ascórbico	Compostos fenólicos	Carotenoides totais
Com circulação	24,8	2,5	17,1	6,2
Sem circulação	29,7	3,5	25,5	5,3
Liofilização	38,5	12,1	59,2	42,7

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para o pó obtido através do processo de liofilização, a retenção de ácido ascórbico foi aproximadamente três vezes maior do que o obtido em estufa sem circulação de ar e aproximadamente cinco vezes maior em relação ao obtido em estufa com circulação e renovação de ar forçado. Breda (2011) afirma que a polpa de guabiroba desidratada com o agente carreador, maltodextrina, tem maior capacidade de retenção de ácido ascórbico, quando comparada com outros agentes carreadores ou polpas sem agentes carreadores, porém, segundo Silva et al. (2005) diz que temperaturas elevadas, além de contribuir para a inativação de algumas enzimas oxidativas, ainda pode colaborar com a degradação do ácido ascórbico, portanto, mesmo que o agente carreador promova uma “proteção” ao ácido ascórbico, o tempo de exposição a atmosfera e a elevada temperatura tende a contribuir de forma muito significativa com a sua degradação.

A mesma tendência foi observada para a retenção dos compostos fenólicos, o pó obtido pelo processo de liofilização teve uma capacidade de retenção 3 vezes maior quando comparados com os pós obtidos em estufa com circulação e renovação de ar forçado e 2 vezes maior quando comparados com os obtidos em estufa sem circulação de ar forçado. Chung (2016) ao estudar a retenção dos compostos fenólicos na polpa de guabiroba em pó obtida pela secagem em spray dryer afirma que a natureza do agente carreador e sua concentração não influenciam a retenção destes compostos e nem interferem no resultado da concentração de fenóis totais uma vez que esse tipo de matéria não reage com o reagente de Fonlin-Ciocauteau.

Para a concentração total de carotenoides, observa-se que a retenção destes compostos no pó liofilizado foi 7 vezes maior em relação ao pó obtido pela secagem em estufa com circulação e renovação de ar forçado e 8 vezes maior em relação as amostras obtidas em estufa sem circulação de ar.

O pó liofilizado obteve uma acidez 1,5 vezes maior em relação ao obtido em estufa com circulação e renovação de ar forçado e de 1,3 vezes maior em relação ao obtido em estufa sem circulação forçada de ar. Tal característica é importante uma vez que a amostra liofilizada manteve-se mais ácida em relação as demais, se aproximando mais da amostra *in natura*.

Observando a tabela 12 também podemos supor que a decomposição do ácido ascórbico e dos compostos fenólicos é mais afetado pela ação do oxigênio do que pela ação da temperatura, pois na secagem em estufa com circulação e renovação de ar, onde oxigênio da atmosfera está sendo inserido dentro da estufa constantemente a degradação destes compostos

foi maior do que na estufa sem circulação e renovação de ar. Já os carotenoides são mais degradados pela ação da temperatura.

4.4.4. Avaliação da estabilidade durante o armazenamento

O desenvolvimento de produtos em pó, para serem usados como fontes de compostos bioativos, levando em consideração a praticidade e facilidade de preparo requerem uma investigação mais aprofundada da estabilidade do produto final ao longo do armazenamento. Com isso as polpas de guabiroba em pó foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) metalizada, estocadas em condições ambientes e avaliadas quanto a retenção dos compostos bioativos e acidez titulável após 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de armazenamento, os resultados estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Concentração dos compostos fenólicos totais, ácido ascórbico, carotenoides e acidez titulável nos pós de guabiroba obtido pela secagem em estufa com e sem circulação e liofilização durante o armazenamento em condições ambientes.

Com circulação forçada de ar					Sem Circulação forçada de ar			
Tempo (Dias)	AT*	ÁA**	CF***	C****	AT	ÁA	CF	C
0	1,2 ± 0,1 ^{bA}	150 ± 10 ^{cB}	502 ± 44 ^{cD}	2,1 ± 0,1 ^{bA}	1,4 ± 0,1 ^{bA}	210 ± 40 ^{bA}	747 ± 10 ^{bA}	1,8 ± 0,1 ^{bA}
30	1,2 ± 0,1 ^{cA}	167 ± 13 ^{bA}	680 ± 20 ^{bA}	1,4 ± 0,1 ^{bB}	1,4 ± 0,1 ^{bA}	174 ± 25 ^{bB}	721 ± 55 ^{bA}	1,2 ± 0,2 ^{bB}
60	1,2 ± 0,1 ^{bA}	166 ± 7 ^{bA}	593 ± 10 ^{cB}	1,1 ± 0,1 ^{bC}	1,4 ± 0,1 ^{abA}	181 ± 18 ^{bAB}	717 ± 15 ^{bA}	0,97 ± 0,01 ^{bC}
90	1,1 ± 0,1 ^{bA}	170 ± 5 ^{bA}	545 ± 7 ^{cC}	0,84 ± 0,02 ^{bD}	1,3 ± 0,1 ^{abAB}	188 ± 3 ^{bAB}	705 ± 9 ^{bAB}	0,81 ± 0,02 ^{bCD}
120	1,1 ± 0,1 ^{bA}	148 ± 12 ^{bB}	508 ± 14 ^{cD}	0,81 ± 0,04 ^{bD}	1,2 ± 0,2 ^{bB}	173 ± 10 ^{bB}	671 ± 14 ^{bB}	0,72 ± 0,07 ^{bD}
150	1,1 ± 0,1 ^{aA}	113 ± 4 ^{bC}	388 ± 21 ^{cE}	0,71 ± 0,01 ^{bD}	1,1 ± 0,1 ^{aB}	136 ± 15 ^{bC}	487 ± 34 ^{bC}	0,66 ± 0,04 ^{bD}
180	1,1 ± 0,1 ^{aA}	102 ± 7 ^{bC}	316 ± 16 ^{cF}	0,64 ± 0,02 ^{bD}	1,1 ± 0,1 ^{aB}	119 ± 11 ^{bC}	370 ± 19 ^{bD}	0,61 ± 0,02 ^{bD}

Liofilização				
Tempo (Dias)	AT	ÁA	CF	C
0	1,8 ± 0,1 ^{aA}	720 ± 20 ^{aA}	1732 ± 40 ^{aA}	14,4 ± 0,3 ^{aA}
30	1,7 ± 0,1 ^{aAB}	658 ± 17 ^{aB}	1716 ± 43 ^{aA}	8,6 ± 0,5 ^{aB}
60	1,5 ± 0,1 ^{aC}	592 ± 21 ^{aB}	1667 ± 7 ^{aAB}	6,5 ± 0,2 ^{aC}
90	1,5 ± 0,1 ^{aBC}	464 ± 32 ^{aC}	1642 ± 6 ^{aB}	5,7 ± 0,1 ^{aD}
120	1,6 ± 0,1 ^{aBC}	432 ± 17 ^{aC}	1539 ± 13 ^{aC}	3,2 ± 0,1 ^{aE}
150	1,2 ± 0,1 ^{aD}	321 ± 9 ^{aD}	916 ± 37 ^{aD}	1,7 ± 0,2 ^{aF}
180	1,1 ± 0,1 ^{aD}	298 ± 10 ^{aE}	871 ± 21 ^{aD}	1,1 ± 0,2 ^{aG}

Média e intervalo de confiança (n = 3) para 95% de confiabilidade. As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha e seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma coluna não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). (AT*) = Acidez titulável total (g/100g de amostra); (ÁA**) = Ácido ascórbico (mg/100 de amostra); (CF***) = Compostos Fenólicos (mg/100g de amostra); (C****) = Carotenoides (mg/100g). Fonte: Elaborada pelos autores.

O conteúdo de compostos bioativos e a acidez titulável total apresentado pela tabela 13, mostrou, de modo geral, perdas significativas durante o período de armazenamento.

A Tabela 13 nos mostra que durante o armazenamento a acidez titulável total para os três processos de secagem se mostrou mais estável até o tempo de 120 dias, a partir do tempo de 150 dias, os valores para esse parâmetro se mostraram estatisticamente iguais para os três processos de secagem, apresentando grande variação em relação ao tempo inicial de armazenamento. Essa variação pode estar relacionada à oxidação dos ácidos orgânicos presentes nas amostras (CECCHI, 2003). Menezes et al (2009), ao estudar o pó de acerola verde obtido através da secagem em estufa com circulação de ar e pelo processo de liofilização, relatou que a acidez titulável total se mostrou estável durante o período de armazenamento somente após um tempo de 180 dias, antes desse período o autor também relatou perdas significativas.

O conteúdo de ácido ascórbico não apresentou diferença significativa para as amostras secas em estufa com e sem circulação de ar a partir do tempo de 60 dias, as amostras liofilizadas se diferenciaram significativamente durante o período de armazenamento, das amostras secas em estufa, apresentando uma maior redução (55,4%) quando comparada as amostras estufa com (24,7%) e sem (35,2%) circulação de ar. Essa redução no valor pode estar relacionada com a oxidação do ácido ascórbico por causa da influência das condições do meio (calor e oxigênio) durante o armazenamento.

Apesar da redução do teor de ácido ascórbico com o armazenamento, o pó de guabiroba ainda apresentou uma quantidade elevada dessa vitamina, uma vez que, de acordo com a Resolução RDC nº 269 (22/09/2005) a ingestão diária recomendada é de 45 mg para adultos.

O mesmo comportamento de degradação foi observado para os compostos fenólicos, não sendo possível identificar uma estabilidade entre os diferentes processos de secagem e nem entre os tempos de armazenamento. Assim como para os demais parâmetros analisados, o maior declínio dos fenóis ocorreu nas amostras liofilizadas, apresentando uma redução de 47,1%, seguida das amostras secas em estufa sem circulação de ar, 34,8%, e para as amostras secas em estufa com circulação de ar, 27,7%.

O conteúdo de carotenoides apresentou a maior perda, quando comparado com os demais parâmetros avaliados, apresentando uma redução de 88,2% para a amostra liofilizada, 66,2% para as amostras secas em estufa com circulação de ar e 63,3% para as amostras secas em estufa sem circulação de ar. Para os pós produzidos em estufas com e sem circulação de ar, a partir do tempo de 90 dias, começa a estabilizar a concentração desses compostos, não

havendo diferença significativa de perdas para os demais tempos. Já o pó obtido por liofilização apresenta maior instabilidade, sendo que até o tempo de 150 dias, as amostras ainda vinham demonstrando queda acentuada na concentração total dos carotenoides.

De acordo com Rodriguez-Amaya (2004), a estabilidade dos carotenoides difere bastante nos alimentos, mesmo quando esses alimentos são submetidos ao mesmo processamento e condições de estocagem idênticas. A principal causa de destruição dos carotenoides é devido sua oxidação (enzimática ou não-enzimática).

Ficou evidente que o processamento da fruta de guabiroba reduziu drasticamente conteúdo total de compostos bioativos, entretanto esse declínio ao longo do tempo de armazenamento foi maior nas amostras liofilizadas, evidências das causas desse comportamento não foram encontradas na literatura, entretanto acredita-se que devido as amostras liofilizadas apresentarem, inicialmente, uma maior concentração desses compostos, os mesmos poderiam estar mais vulneráveis e susceptíveis a reações de degradação. E também, de forma visual, a granulometria das amostras liofilizadas se apresentaram menores, conseqüentemente teria mais área de contato com a atmosfera interna da embalagem, estando portanto, mais expostos a degradação por meio do oxigênio presente.

Silva (2010), em sua dissertação de mestrado, estudou a estabilidade de armazenamento de corantes de antocianinas extraídas da casca de mangostão e jabuticaba, e verificou que as amostras liofilizadas em comparação com as secas em spray dryer, apresentaram uma maior taxa de degradação de antocianina durante a armazenagem, ou seja, o produto formulado obtido pela secagem em spray dryer (que demanda altas temperaturas) mostrou-se mais estável que o produto obtido pela secagem em liofilizador. Portanto, o autor afirmou que o calor pode ou não favorecer a formação de complexos mais estáveis. Tal resultado é interessante, quando comparado com o presente trabalho, pois mostra que, embora inicialmente a secagem em liofilizador teve a uma maior retenção dos compostos bioativos, o calor durante a secagem em estufa com e sem circulação de ar promove uma maior interação dos compostos bioativos e até mesmo dos ácidos orgânicos que promovem a acidez do produto, com o agente carreador, favorecendo sua estabilidade e conservação durante o armazenamento.

Outra suposição é que para os processos de secagem em estufa os carotenoides tenham sido preferencialmente degradados no processo de secagem, já para as amostras liofilizadas o processo de secagem manteve grande parte desses compostos, mas que durante o armazenamento, o oxigênio presente dentro da embalagem promoveu a degradação que ainda não havia ocorrido no processo de secagem, até porque durante a liofilização a amostra

permanece sob vácuo e não tem contato com o oxigênio da atmosfera, mas o armazenamento do pó não foi realizado sob vácuo.

5. CONCLUSÕES

O processo de secagem se mostrou eficiente no aumento da vida de prateleira da polpa de guabiroba, além de facilitar o armazenamento. Entretanto, algumas perdas foram verificadas, como a mudança de coloração e a redução no teor de compostos bioativos, em comparação a polpa *in natura*.

Foi verificado ainda, através dos estudos preliminares, que a melhor concentração do agente carreador para a secagem foi de 20%, uma vez que permitiu a obtenção de produtos de coloração mais agradável e de fácil manuseio (menos pegajosos). Da mesma maneira, com os resultados dos tempos de secagem, bem como conservação dos compostos bioativos na polpa de guabiroba seca e coloração das amostras finais, foi definida como melhor temperatura para as secagens conduzidas nas estufas, a de 60°C.

No estudo da cinética de secagem para os diferentes equipamentos, foi verificado que a umidade de equilíbrio foi alcançada nos tempo de 16 horas (estufa com circulação de ar), 24 horas (estufa sem circulação de ar) e 48 horas (liofilização).

Para os parâmetros de cor, a coordenado b^* foi a que mais apresentou variações durante os processos de secagem, visto que ela está mais relacionada com a cor da amostra, a qual varia de amarelo a vermelho. Os estudos em questão mostraram que o pó obtido pelo processo de liofilização apresentou um tom de coloração próximo ao amarelo e as amostras secas em estufa com e sem circulação de ar apresentaram cloração alaranjado/marrom, sendo que todos os processos de secagem estudados obtiveram diferença significativa de coloração (ΔE) em relação a amostra *in natura*. De modo geral, para os três processos, a aparência do pó pode ser considerada solta com textura pegajosa.

As amostras obtidas em liofilizador apresentaram maior solubilidade e menor tempo de reconstituição, quando comparadas com as amostras secas em estufa com e sem circulação de ar. Em relação a retenção dos compostos bioativos, ficou evidente que o processamento gerou um grande impacto, sendo que as amostras que mais conservaram os compostos de interesses durante a secagem foram as amostras liofilizadas seguidas das amostras secas em estufa com e por último sem circulação de ar.

Durante o armazenamento, houve também uma perda significativa nos compostos bioativos e na acidez do produto, entretanto o declínio mais acentuado foi caracterizado nas

amostras liofilizadas, demonstrando que apesar da degradação causada pela temperatura durante a secagem nas estufas, esse mesmo calor proporcionou uma maior estabilidade e conservação durante o armazenamento.

Assim, pode-se concluir que mesmo tendo uma baixa retenção dos compostos bioativos durante a secagem, as amostras finais ainda apresentaram valor bioativo significativamente alto. Portanto a secagem demonstrou ser uma excelente estratégia para melhorar a utilização da polpa de guabiroba, evitando o alto desperdício deste alimento e contribuindo na promoção e valorização dessa matéria prima regional, tornando-se uma fonte de renda extra para pequenos agricultores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos-uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007.
- BALADY GARY, J. et al. A Scientific Statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee. **Circulation**, v. 115, p. 2675-2682, 2007.
- BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying**. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros-Unimontes.
- BENEDETTI, P. C. D. **Caqui em pó: influência de aditivos e do método de secagem**. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2010.
- BEZERRA, T. S. **Caracterização de polpa de marolo liofilizada**. Tese (doutorado) Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014
- BLOCK, G. et al. Which plasma antioxidants are most related to fruit and vegetable consumption?. **American Journal of Epidemiology**, v. 154, n. 12, p. 1113-1118, 2001.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BREDA, C. A. **Desidratação da polpa do fruto da guavira (Campomanesiaadamantium) pelo processo em camada de espuma**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2011.
- BUCIĆ-KOJIĆ, A. et al. Study of solid–liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 1, p. 236-242, 2007.
- CAMPOS, R. P. et al. Conservação e pós-colheita de guavira (Campomanesia sp). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 41-49, 2012.
- 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**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.
- CASTELLAR, M. R.; OBÓN, J. M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 1, p. 122-128, 2006.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análises de Alimentos**. 2ª ed. Ed. São Paulo: Editora Unicamp, p. 208, 2003.
- CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2010.
- CHIM, J. **Caracterização de compostos bioativos em amora-preta (Rubus sp.) e sua estabilidade no processo e armazenamento de geléias convencional e light**. 2008. 86f.

Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CHITARRA, M. I. F. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. ESAL/FAEPE, glossário. Lavras: UFLA, 2006. 256p.1990.

CHUNG, M. M. S. **Polpa de guavira (Campomanesia cambessedeanana Berg) desidratada em spray dryer: efeitos das condições de processo e composição da alimentação nas propriedades físico químicas e atividade antioxidante**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

CRUZ, W. F. Obtenção da polpa de goiaba em pó pelo método de secagem por camada de espuma. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

CUNHA, K. D. et al. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento/Ascorbic acid stability in fresh fruit juice under different forms of storage. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 139, 2014.

DACANAL, G. C. et al. Estudo da granulação de suco de acerola desidratado em leito fluidizado. 2005.

DE PAULI, P. A. **Avaliação da composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante em cogumelos comestíveis**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, 2010.

DIB TAXI, C. M. A. et al. Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice. **Journal of microencapsulation**, v. 20, n. 4, p. 443-448, 2003.

DIAS, L. G. **Estudo do processo de secagem em estufa e por microondas de compósitos cerâmicos de argila e resíduos de esteatito**, Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de São João del Rei. Departamento de Engenharia Mecânica – Minas Gerais, 2013.

EVERETTE, J. D. et al. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin–Ciocalteu reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 14, p. 8139-8144, 2010.

FAZAEI, M. et al. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and bioproducts processing**, v. 90, n. 4, p. 667-675, 2012.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Artmed, 2006.

FERREIRA, A. G., **Estudo de Viabilidade Técnica da Utilização de uma Chaminé Solar como Secador de Alimentos**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

FERREIRA, A. P. R. et al. Caracterização De Polpa De Cajá Em Pó Obtida Pelo Método De Secagem Em Leito De Jorro. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 3997-4004, 2015.

FREITAS, J. B.; CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R. Geleia de gabirola: avaliação da aceitabilidade e características físicas e químicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 38, n. 2, p. 87-94, 2008.

FRIAS, J. R. G.; GAVA, A. J.; SILVA, CAB. *Tecnologia de Alimentos—Princípios e aplicações*. São Paulo, 2008.

GEANKOPLIS, C. J. C. J. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Compañía Editorial Continental. 1998.

GOULA, A. M. et al. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *Journal of Food Engineering*, v. 85, n. 1, p. 73-83, 2008.

GUIZILINI, L. A., *Atividade Antioxidante De Gabiroba E Aplicação Da Polpa Como Ingrediente Em Sorvete*, Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2010

HIRANVARACHAT, B.; SUVARNAKUTA, P.; DEVAHASTIN, S. Isomerisation kinetics and antioxidant activities of β -carotene in carrots undergoing different drying techniques and conditions. *Food Chemistry*, v. 107, n. 4, p. 1538-1546, 2008.

IBRAF (2012), Instituto Brasileiro de Frutas. **Frutas brasileiras em ascensão: Grande produtor mundial mostra sua diversidade e qualidade no mercado internacional**.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal of Food Engineering*, v. 63, n. 2, p. 125-134, 2004.

KHA, C. T.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, v. 98, n. 3, p. 385-392, 2010.

KACHAN, G. C., TAQUEDA, M. E., GUNTHER, P. A. S. Características do pó de tomate obtido por desidratação da pasta de tomate em um secador de leito de jorro. *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ*, São Paulo, v. 2, p. 524-531, 1988.

KRIS-ETHERTON, P. M. et al. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American journal of medicine*, v. 113, n. 9, p. 71-88, 2002.

KWIATKOWSKI, A. et al. Avaliações químicas da polpa e resíduo da polpa de amora-preta orgânica, cv. Tupy. *Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos*, v. 1, n. 1, p. 43-45, 2010.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. da. Produção de geléia de jambolão (*Syzygium cumini* Lamarck): processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.

LIMA, F. O.; BEZERRA, A. S. Flavonoides e radicais livres. *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 13, n. 1, p. 111-124, 2012.

LIU, S. et al. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the Women's Health Study. *The American journal of clinical nutrition*, v. 72, n. 4, p. 922-928, 2000.

LORENZI, H. *Arvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. Ed. Nova odessa: instituto platarum, v. 1, p. 68, 2002.

MARTINS, R. C.; SANTELLI, P.; FIGUEIRAS, T. S. Coco-cabeçudo. In: Vieira, R. F. (ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 153-161, 2006.

- MACHADO, R. M. D.; TOLEDO, M. C. F.; VICENTE, E. Sulfitos em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 265-275, 2006.
- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.
- JP (COORD.). MEDAETS. **Agricultura familiar e uso sustentável da agrobiodiversidade nativa**. Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2007.
- MELO, E. de A.; GUERRA, Nonete B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.
- MENEZES, A. R. V.; JUNIOR, A. S.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D. R.; SAMPAIO, D. D. Estudo Comparativo de pó da acerola verde (*Malpighia Emarginata* D. C) obtida em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009
- MOREIRA, G. E. G. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola**. 2007.
- NASS, L. L. (Ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007.
- NÓBREGA, E. M. et al. The Impact of Hot Air Drying on the Physical-Chemical Characteristics, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Acerola (*Malpighia emarginata*) Residue. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 2, p. 131-141, 2015.
- OBÓN, J. M. et al. Production of a red–purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 4, p. 471-479, 2009.
- OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIRÊDO, Rossana Maria Feitosa de; MELO QUEIROZ, Alexandre José de. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, n. 1, p. 25, 2006.
- ORDÓÑEZ, J. A. et al. Tecnologia de alimentos. **Porto Alegre: Artmed**, v. 2, p. 219-239, 2005.
- PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, Fahad Al-Julanda. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. Instituto Mauá de Tecnologia, 2004.
- ROCHA, W. S. et al. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. **2004. Harvest plus handbook for carotenoid analysis**. Harvest plus Technical monograph 2. Washington, DC and Cali: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT)
- ROSA, J. G. **Secagem de cenoura (*Daucus carota* L.) em microondas**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, 2010.

SABZEVAR, I. Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of barberry (*Berberis vulgaris*) extract powder. 2015.

SANTOS, M. S. **Impacto do processamento sobre as características físico-químicas, reológicas e funcionais de frutos da gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* Berg).** 2011, 148 f. Tese (doutorado) - Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR, 2011.

SEIFRIED, H. E. et al. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, n. 9, p. 567-579, 2007.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista nutrição** v. 24, n. 6, p. 895-904, 2011.

SILVA da, G. J. F. **Formulação, estabilidade e caracterização de corantes de antocianinas extraídas das cascas de mangostão (*Garcinia mangostana* L.) e jabuticaba (*Myrciaria spp.*)** 2010. Dissertação (Ciência e tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza

SILVA da, S. R.; MERCADANTE, Adriana Z. Composição de Carotenóides de Maracujá-Amarelo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 22, n. 3, p. 254-258, 2002.

SILVA, M. R. et al. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SILVA, Y. C. **Obtenção de cajá em pó utilizando um secador por atomização: caracterização física, físico-química e sensorial do pó.** 2005. 74f. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SOARES, E. C. et al. Desidratação Da Polpa De Acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SOUZA, J. S. **Secagem de misturas de polpa de frutas tropicais em leite de jorro.** 2009. 157f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

TONON, R. V.; BRABET, Catherine; HUBINGER, Míriam Dupas. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 3, p. 411-418, 2008.

TONON, R. V.; BRABET, Catherine; HUBINGER, Míriam Dupas. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açai em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

VALLILO, M. I. et al. Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg-Myrtaceae. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. suppl 0, p. 231-237, 2008.

