

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO E QUALIDADE
FÍSICAS E QUÍMICAS DO FRUTO DE CAJÁ (*Spondias
mombin* L.), E APROVEITAMENTO DA POLPA**

Autora: Bheatriz Silva Morais de Freitas
Orientadora: Dr.^aGeovana Rocha Plácido

Rio Verde – Goiás
Fevereiro – 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO E QUALIDADE FÍSICA E
QUÍMICA DOS FRUTOS E SECAGEM POR LEITO DE
ESPUMA DA POLPA DE CAJÁ (*Spondias mombin* L.)**

Autora: Bheatriz Silva Morais de Freitas
Orientadora: Dr^a. Geovana Rocha Plácido

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA E ALIMENTOS, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Tecnologia e Processamento de Alimentos.

Rio Verde – Goiás
Fevereiro – 2017

Freitas, Bheatriz Silva Morais

F862e Caracterização e qualidade física e química dos frutos
e secagem por leito de espuma da polpa de cajá(*Spondias mombin* L.) / Bheatriz Silva
Morais de Freitas. –
Rio Verde. – 2017.

67 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano –
Campus Rio Verde, 2017.

Orientadora: Dr. Geovana Rocha Plácido.

Bibliografia

1. Exótico. 2. Avaliação. 3. *In natura*. 4. Secagem I. Título. II.
Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO E QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA
DOS FRUTOS E SECAGEM POR LEITO DE ESPUMA DA
POLPA DE CAJÁ (*Spondias mombin* L.)**

Autora: Bheatriz Silva Morais de Freitas
Orientadora: Geovana Rocha Plácido

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2017.



Prof. Dr.^a Clarice Aparecida Megguer
Avaliadora externa
IF Goiano/Morrinhos



Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva
Avaliador interno
IF Goiano/Rio Verde



Prof. Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira
Avaliador interno
IF Goiano/Iporá



Prof.^a Dr.^a Geovana Rocha Plácido
Presidente da banca
IF Goiano/Rio Verde

“Primeiramente a Deus, a minha família tão amada que esteve sempre ao meu lado me dando apoio para alcançar mais uma etapa em minha vida e acreditaram fielmente no meu potencial. Ao meu avô Arlindo, que onde quer que esteja está sempre em meu pensamento.”

Agradeço e dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida de concluir mais uma etapa cheia de paz e saúde. Ao meu pai Geraldo, pela compreensão e entendimento de saber que estou em busca de um melhor conhecimento. Em especial a minha mãe Doraci, que foi a base de todo o incentivo na formação profissional, que não mediu esforços financeiramente me sustentando para poder concluir mais um degrau na carreira acadêmica.

A minha irmã gêmea Bethânia Morais, que mesmo distante está sempre ao meu lado. A minha amiga Daiane Santos, que nos momentos difíceis me acolheu, junto a sua irmã Dafiny dando abrigo, apoio e que esteve ao meu lado quando precisei.

Com muito carinho agradeço ao tio João, que sempre me ajuda e nunca mede esforços com seu trabalho em meus projetos de pesquisas. A Tia Mãe, Lurdinha, que além de uma segunda mãe é dela que vem o incentivo para seguir em frente. E a minha avó Maria, com todas as suas orações.

A minha professora orientadora Geovana Rocha Plácido, que além do apoio, dos ensinamentos tem contribuído fecundamente no incentivo para prosseguir na pesquisa. Ao professor Marco Antônio pela coorientação, ao professor Daniel, pela forma atenciosa e fundamental com seus ensinamentos nos projetos de pesquisa.

Aos meus amigos e colegas de pesquisa Richard Marins, Josemar, Allan Dione, Caroline Cagnin, Jackeline Cintra, Lismaíra e em especial a Maísa, que foi meu braço direito em tudo que precisei. E ao meu amigo Aurélio, por ter me ajudado na coleta dos frutos e por me dar seu exemplo de persistência.

Agradeço a banca examinadora por ter aceitado participar e colaborar com este trabalho, assim como ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, e ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

Ao apoio das agências de fomento Capes, FAPEG, CNPq e Finep.

BIOGRAFIA

Bheatriz Silva Morais de Freitas, nascida em 19 de outubro de 1992 em Iporá - GO, filha de Geraldo Pires de Morais e de Doraci Maria da Silva Morais. Em 2009 concluiu o ensino médio no Colégio Ariston Gomes da Silva em Iporá- Go. Em 2010 matriculou-se no curso de Engenharia de Alimentos no Instituto Federal Goiano e em 2015 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, também no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Rio Verde, na área de Pós-Colheita e Processamento de Grãos e Vegetal.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Produção da Fruticultura no Brasil	7
2.2. Frutos de Cajá (<i>Spondias mombin</i> L.)	7
2.3. Biometria e características físico-químicas dos frutos	8
2.4. Processamento de Polpas	9
2.5. Secagem em Camada de Espuma	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
3. OBJETIVOS.....	16
4. CAPÍTULO I.....	17
RESUMO	17
ABSTRACT.....	18
4.1. INTRODUÇÃO.....	18
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.4. CONCLUSÃO	29
4.5. REFERÊNCIAS	30
5. CAPÍTULO II	35
RESUMO	35
ABSTRACT.....	36
5.1. INTRODUÇÃO.....	36
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.4. CONCLUSÃO	50
5.5. REFERÊNCIAS	50
6. CONCLUSÃO GERAL.....	56

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1- Características físicas de frutos de cajá: densidade do fruto (DF) (g mL^{-1}), (massa do fruto (MF) (g), massa da semente (MS) (g), rendimento de polpa manual (RM) (%) e volume do fruto (VF) (mL).	23
Tabela 2 - Características morfológicas dos frutos (mm) e sementes de cajá (<i>Spondias mombin</i> L.). Diâmetro menor do fruto (D2); comprimento do fruto (H); diâmetro maior do fruto (D1), diâmetro menor da semente (d2); comprimento da semente (h), diâmetro maior da semente (d1) e espessura de polpa (EP)..	24
Tabela 3 - Características físico-químicas (acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) ($^{\circ}$ Brix), pH e Vitamina C) da polpa de cajá (<i>Spondias mombin</i> L.) de 4 acessos da região de Montes Claros de Goiás.....	26
Tabela 4 - Macro e micronutrientes de nitrogênio (g/Kg), fósforo (g/Kg), potássio (g/Kg), cálcio (g/Kg), enxofre (g/Kg), cobre (mg/Kg), ferro (mg/Kg), manganês (mg/Kg) e zinco (mg/Kg) dos acessos de coleta dos frutos de cajá (<i>Spondias mombim</i> L.) acesso 1; acesso 2; acesso 3 e acesso 4 na região do Município de Montes Claros de Goiás.....	28
Tabela 5 - Resultados de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante dos acessos de coleta de cajá (<i>Spondias mombim</i> L.) 1; acesso 2; acesso 3 e acesso 4 na região do Município de Montes Claros de GO. Fenólicos totais ($\text{mg Eq. AG } 100^{-1}$). **Eq. AG= equivalente a ácido gálico.....	28
Tabela 6 - Modelos matemáticos utilizados para descrever o processo de secagem.....	38
Tabela 7 - Valores do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM), calculados para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores	

experimentais da secagem da espuma de cajá (<i>Spondias mombim</i> L.), obtidos nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.....	42
Tabela 8- Coeficiente de difusão líquida efetiva e energia de ativação.....	43
Tabela 9 - Avaliação da cor das amostra de polpa de cajá (<i>Spondias mombim</i> L.) em pó, após o processo de secagem pelo método de camada de espuma.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1- Curva de secagem da espuma de cajá (<i>Spondias mombim</i> L.) sob diferentes temperaturas de secagem.....	41
Figura 2 – Acidez titulável total do pó de cajá seco em distintas temperaturas e polpa de cajá.....	44
Figura 3 – Teor de pH do pó de cajá seco em distintas temperaturas e polpa de cajá.....	45
Figura 4 – Teor de sólidos solúveis do pó de cajá seco em distintas temperaturas e polpa de cajá.....	46
Figura 5 – Teor de vitamina C do pó de cajá seco em distintas temperaturas e polpa de cajá.....	47
Figura 6 – Índice de solubilidade em água do pó de cajá (<i>Spondias mombim</i> L.) seco em distintas temperaturas.....	48

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

%	Porcentagem
L	Litro
G	Gramma
mg	Miligramma
cm	Centímetro
m	Metro
mm	Milímetro
pH	Potencial Hidrogeniônico
m/v	Massa por volume
SST	Sólidos solúveis totais
AT	Acidez titulável
D2	Diâmetro menor do fruto
D1	Diâmetro maior do fruto
H	Comprimento do fruto
h	Comprimento da semente
d1	Diâmetro maior da semente
d2	Diâmetro menor da semente
ppm	Massa expressa em massa de
g.mL⁻¹	Gramas por Mililitros
mL	Mililitros
VF	Volume do fruto
MS	Massa da Semente
MF	Massa do Fruto
EP	Espessura da Polpa
DF	Densidade do fruto
RM	Rendimento manual

N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
S	Enxofre
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Mn	Manganês
Zn	Zinco
NaOH	Hidróxido de sódio
CFT	Compostos Fenólicos Totais
ORAC	Oxygen Radical Absorbance
ABTS	2,2'-azino-bis(3-
R²	Coefficiente de Determinação
DQM	Desvio quadrático médio
Ea	Energia de ativação
kJ	Quilojoules
L*	Luminosidade
a*	Coordenada de vermelho/verde
b*	Coordenada de amarelo/azul

RESUMO

FREITAS, BHEATRIZ SILVA MORAIS. Instituto Federal Goiano- Campus Rio Verde Go, fevereiro de 2017. **Estudo da caracterização e qualidade físicas e físico-química do fruto de cajá (*Spondias mombin* L.), e aproveitamento da polpa.** Orientadora Geovana Rocha Plácido. Coorientador Marco Antônio Pereira da Silva.

O cajá por ser considerado um fruto exótico, ressalta-se a importância da sua caracterização física e físico-química. Assim como o aproveitamento da polpa em estudos que sejam satisfatórios para melhor aplicação do uso tendo boa qualidade para utilização. Para caracterização dos frutos foram feitas avaliações quanto aos parâmetros físicos e morfológicos do fruto e semente, assim como análises físico-químicas, proximais, além de minerais como macro e micronutrientes e compostos bioativos. Para desfrutar do aproveitamento da polpa, uma das alternativas foi o método de secagem por camada de espuma, em que a polpa líquida com adição de emulsificante após a secagem se transforma em pó. Realizou-se análises utilizando os dados da perda de água durante a secagem com 4 temperaturas, e foram ajustados e comparados quatro diferentes modelos matemáticos, determinando o coeficiente de difusão efetiva e energia de ativação do pó de cajá, e analisando os parâmetros físico-químicos comparando com polpa *in natura*. Na caracterização dos frutos, os quatro acessos avaliados diferiram entre as características analisadas. Sendo verificado no acesso 2 os maiores valores de comprimento, diâmetro maior tanto para o fruto como para a semente, maior valor de espessura contribuindo para o elevado rendimento da polpa, teores de macro e micronutrientes e compostos fenólicos. Em relação ao ajuste da

cinética de secagem o modelo de Page mostrou os melhores coeficientes de determinação (R^2), da camada de espuma. As características físico-químicas apresentaram melhor resultado para o pó seco a temperatura de 60 °C. Nas análises de variância da cor, de acordo com o aumento das temperaturas, comparados com polpa *in natura* resultou em menor luminosidade, maior incidência de pontos escuros na coordenada de a^* e variações nos pigmentos para coordenada b^* . Contudo, para caracterização física e físico-química dos frutos de cajá as pequenas variações causadas pelas diferentes áreas de colheita, no geral, os resultados estão dentro do citado na literatura. E o método de secagem na camada de espuma entre as temperaturas avaliadas a maior temperatura de 80° C não é interessante para uma garantia da qualidade da polpa do cajá, pois houve perdas em alguns parâmetros físico-químicos.

PALAVRAS-CHAVES: morfologia, *Spondias mombim* L., caracterização, secagem.

ABSTRACT

The cajá for being considered an exotic fruit stands out the importance of its physical and physical chemical characterization. As well as the use of the pulp in studies that are satisfactory for a better application of its use having a good quality for it. For the characterization of the fruits, physical and morphological parameters of the fruit and seed were evaluated, physical-chemical and proximal analyzes, as well as minerals such as macro and micro nutrients and bioactive compounds. To enjoy pulp utilization, one of the alternatives was the foam-drying method, where the liquid pulp with addition of emulsifier after drying is transformed into powder. Analyzes were carried out using the water loss data during drying at 4 temperatures, where four different mathematical models were adjusted and compared, determining the effective diffusion coefficient and activation energy of the cajá powder, and analyzing the physical-chemical characteristics comparing with *in natura* pulp. In the characterization of the fruits, the four accesses evaluated differed among the characteristics analyzed. The access 2 obtained the highest values of length, larger diameter for fruit and the seed and the highest value of thickness contributing to the high yield of the pulp and also was the access that for the attributes of macro and micro nutrients And phenolic compounds reached the highest values. In relation to the drying kinetic adjustment, the Page model showed the best determination coefficients (R²) of the foam layer. The physico-chemical characteristics presented better results for dry powder at 60 ° C. In the analyzes of color variance according to the increase in temperatures, compared to *in natura* pulp resulted in lower luminosity, higher incidence of dark spots in the coordinate of a * and variations in the pigments for coordinate of b *. However, for the physical and physicochemical characterization of cajá fruits the small variations

caused by the different areas of harvest, in general, the results are within the mentioned in the literature. And the drying method in the foam layer between the temperatures evaluated at the highest temperature of 80° C is not interesting for a guarantee of the quality of the pulp of the cajá, because there were losses in some physical-chemical parameters.

KEY WORDS: morphology, *Spondias mombim* L., evaluations, drying.

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos setores de grande destaque do agronegócio brasileiro, pois é através da elevada variedade de culturas, produzidas em todo o país e em diversos climas que a fruticultura conquista resultados expressivos gerando oportunidades para os pequenos negócios brasileiros (SEBRAE, 2015).

O Instituto Brasileiro de Frutas tem se empenhado a mobilizar diferentes públicos sobre a importância de se unir esforços para mudar a cultura do brasileiro em relação ao consumo de frutas. Visto que essa motivação colabora e traz benefícios para a saúde, além de promover melhorias movimentando o mercado interno de frutas (IBRAF, 2008).

Além do Brasil ser um grande produtor de frutos tropicais consumidos e apreciados em todo o mundo, tem também elevada variedade de frutos exóticos que são pouco conhecidos e que representam grande potencial para o desenvolvimento de novos produtos (FREITAS et al., 2013). Dentre essa grande diversidade e infinidade de frutos tropicais encontra-se o cajá (*Spondias Mombim L.*). Pertencente à família Anacardiáceas, é cosmopolita tropical, que é comum em estado silvestre ou também subespontâneo nas matas de terra firme ou várzea da Amazônia (CAVALCANTE, 1972).

O fruto de cajá é uma drupa ovoide pequena (3 cm a 5 cm de comprimento) com epicarpo fino, amarelo e um sabor agridoce (BOSCO et al., 2000). Os frutos são suculentos, com alta concentração de vitamina C, são amplamente consumidos na forma *in natura* ou processados (AJAO et al, 1985). Mas, há necessidade de se caracterizar os frutos quanto a avaliação física e físico-química dos genótipos desenvolvidos e assim identificar genótipos com qualidades físico-químicas desejáveis.

Devido ao grande crescimento no mercado pelos consumidores em adquirir polpas de frutos deve-se atentar na garantia de conservação de nutrientes juntamente com suas características físico-químicas, microbiológicas, e sensoriais colaborando com as qualidades aparente da fruta *in natura*. O método de conservação de congelamento de polpa, apresenta vantagens e desvantagens quanto a perdas significativas do valor nutritivo.

Sendo assim a secagem e desidratação dos alimentos é considerada outro método importante na conservação podendo prolongar a vida útil dos alimentos e aumentar o tempo de prateleira. Além dos benefícios como diminuição de custos, manuseio e também do transporte e condições de armazenamento.

A secagem em camada de espuma é uma das técnicas utilizadas para produção de produtos alimentícios em pó, e os alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis. Essa formação de espuma é através de vigorosa agitação e adição de agentes espumantes como emulsificantes ou estabilizantes para posteriormente serem desidratados (SILVA et al., 2008). Diante desse método destaca-se a importância do estudo das curvas de secagem, que possibilita induzir o momento do processo em que atinge o teor de umidade desejado e assim conferindo um produto de boa qualidade (CANO-CHAUCA et al., 2004).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Produção da Fruticultura no Brasil

Estima-se em média que no mundo sejam produzidas em torno de 800 milhões de toneladas de frutas, em área equivalente a 61,4 milhões de hectares. Esses resultados são dados do ano de 2012, o último dado divulgado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2014).

Apenas três países respondem pela oferta de quase 50% da produção mundial de frutas frescas. O Brasil ainda continua no ranking como o terceiro maior produtor de frutas do mundo, depois da China e da Índia, tendo a produção de 43 milhões de toneladas de frutas em 2015 (ANUÁRIO DA FRUTICULTURA, 2016).

A fruticultura é um dos setores de grande destaque do agronegócio brasileiro. É através da elevada variedade de culturas, produzidas em todo o país e em diversos climas que a fruticultura conquista resultados expressivos gerando oportunidades para os pequenos negócios brasileiros (SEBRAE, 2015).

De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) em relação ao consumo de frutas apenas 18,2% dos brasileiros consomem a quantidade de frutas recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), sendo 400 gramas por dia. O hábito de ingerir frutas ainda é pequeno, mesmo o Brasil sendo o terceiro maior produtor do mundo (PORTAL BRASIL, 2011).

2.2. Frutos de Cajá (*Spondias mombin* L.)

A planta de cajá no Brasil, é encontrada principalmente nos Estados do Norte e Nordeste, e os frutos recebem denominações diferentes tais como cajá, cajá verdadeiro, cajá-mirim ou taperebá. É uma espécie frutífera pertencente à família das

Anacardiáceas, cujo gênero inclui espécies como a cirigueleira, cajaraneira, umbuzeiro, umbucajazeira e umbugueleira (SACRAMENTO, 2000). A espécie ocorre em muitas regiões do Brasil em diferentes tipos de vegetação, e pode ser frequente também nas florestas tropicais atlânticas e da Amazônia (SILVA & SILVA, 1995).

O fruto é uma drupa ovoide pequena (3 cm a 5 cm de comprimento) com pele fina amarela e sabor agridoce (BOSCO et al., 2000). Os frutos de cajá são suculentos, com alta concentração de vitamina C, são amplamente consumidos na forma *in natura* ou em forma de processados (AJAO et al, 1985).

As frutas de cajá têm pomar comercial e são coletadas a partir de plantas silvestres pois não existem pomares comerciais no Brasil (rever a frase). A fruta colhida serve não somente para o abastecimento local de demandas do mercado, na região de produção, mas também em outras partes do país onde é muito apreciada e principalmente comercializada como polpa congelada (TIBURSKI et al., 2011).

O cajá tem grande aceitação no mercado por conter sabor e aroma exótico, além do seu alto valor comercial como matéria-prima na preparação de sucos, geleias, licores, sorvetes e néctares (SOUZA et al., 2010). É uma fruta rica em carotenoides (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 1989), porém se faz necessário avaliar a contribuição de carotenoides para o potencial antioxidante, como forma de agregar valor a essa fruta como alimento funcional.

2.3. Biometria e características físico-químicas dos frutos

A qualidade dos frutos é atribuída aos caracteres físicos que respondem pela aparência externa, entre os quais se destacam o tamanho, forma do fruto e a cor da casca. Essas características estão relacionadas ao conjunto de atributos referentes à aparência, sabor, odor, textura e valor nutritivo (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

É importante caracterizar os frutos quanto a avaliação física e físico-química dos genótipos, permitindo identificar genótipos com qualidades físico-químicas desejáveis e adaptados para região de cultivo (GRECO et al., 2014). É válido destacar também a consideração em classificar variedades de frutos não só do ponto de vista botânico, assim como também determinar características de qualidade estando de acordo com a demanda e exigências do mercado (HERNÁNDEZ et al., 2014).

As características físicas e físico-químicas dos frutos sofrem influência em relação às condições dos tratos culturais, constituição genética, estágio de maturação,

época de colheita e do tratamento pós-colheita (FAGUNDES & YAMANISHI, 2001).

Os frutos quanto à caracterização física têm grande importância referente à determinação da variabilidade genética de uma espécie que pode auxiliar programas de melhoramento genético, e também a relação com os fatores ambientais (CARVALHO et al., 2003). A biometria dos frutos descreve informações tanto para conservação e exploração dos recursos de valor econômico, possibilitando incremento contínuo da busca racional e também o uso eficaz dos frutos (GUSMÃO et al., 2006).

Em análise de alimentos, considera-se de grande importância a determinação e avaliação de componentes que sejam específicos do alimento. Assim como a determinação da composição centesimal, são realizados procedimentos que têm por finalidade de fornecer informações em relação a composição química, físico-química e, ou, física do alimento. É baseado nessas limitações que se tem diferentes finalidades, sendo a avaliação nutricional de um produto, desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade do alimento e a monitoração da legislação (ITAL, 1988).

Destaca-se também a importância dos compostos bioativos que desempenham funções importantes no organismo através dos alimentos com propriedades funcionais, do qual as substâncias com compostos antioxidantes podem proteger o corpo humano contra o estresse oxidativo e ajudar a prevenir contra outras doenças degenerativas (YAHIA, 2010). É importante ressaltar que o conteúdo presente de compostos bioativos está correlacionado com a capacidade antioxidante das frutas, e a maior capacidade antioxidante provém das amostras com maior teor de compostos bioativos (CANUTO et al., 2010).

2.4. Processamento de Polpas

Os frutos em sua maioria são muito perecíveis, resultando em curta vida de prateleira. A perecibilidade é ainda maior quando se tem transporte inapropriado, culminando elevadas perdas pós-colheita, assim a transformação dos frutos em polpas, com posterior congelamento visa atender vários segmentos do setor de alimentos, como no preparo de sucos, sorvetes, produtos de confeitaria e lácteos. Devido as mudanças ocorridas no perfil dos consumidores vem surgindo um crescimento no mercado de polpas e em consequência perdas menores dos frutos na pós-colheita (MACHADO et al., 2007).

A qualidade da polpa deve garantir a conservação de nutrientes juntamente

com suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais contribuindo com a qualidade aparente dos frutos *in natura*. Segundo Brasil (2000), polpa de fruta é o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, sendo obtido através de processo tecnológico correto, com teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto.

O processo de congelamento apresenta como vantagens o fato de não alterar o sabor original, de não diminuir a sua digestibilidade e não ocorrer perdas significativas sobre o valor nutritivo. Porém, esse método tem a desvantagem em relação a não destruição total dos microrganismos e nem das toxinas produzidas e com isso ocasionando a deterioração mais rápida tanto no aroma, e também na aparência geral dos alimentos (FRANCO & LANDGRAF, 2005).

2.5. Secagem em Camada de Espuma

A secagem é uma tecnologia que faz com que ocorra a evaporação da maioria da água presente em um alimento, diante da aplicação de calor sob condições controladas. O objetivo deste processo é reduzir a atividade de água e aumentar a vida de prateleira do produto alimentício. As diferentes técnicas desse processo podem ser através da liofilização, secagem em camada de espuma (foam-mat drying), secagem por atomização e secagem em leito de jorro (CRUZ, 2013).

O método de secagem é de baixo custo e tem demonstrado viabilidade dessa técnica em termos de características do processo, como também em termos de qualidade do produto final. Foi um método desenvolvido para obtenção de secagem rápida de alimentos, e tem sido muito utilizado até mesmo para alimentos pastosos com purês e polpas de frutas (BAG et., 2011).

A secagem em camada de espuma é uma das técnicas utilizadas para produção de produtos alimentícios em pó em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis. Essa formação de espuma é através de vigorosa agitação e adição de agentes espumantes como emulsificantes ou estabilizantes para posteriormente serem desidratados (SILVA et al., 2008). A desvantagem é que os aditivos podem modificar as características de sabor, aroma e cor do alimento. Outra dificuldade relatada por Karim & Wai (1999) é a falta de estabilidade da espuma durante a secagem.

A grande necessidade da indústria de alimentos em pó, ainda é desenvolver as

áreas associadas aos dados e informações em relação ao processo de produção e das propriedades físico-químicas de alguns pós, baseado em que a medida e caracterização destas ajudam a definir o produto, assim como os parâmetros do processo de produção e os fenômenos que influenciam no seu comportamento. Só através de um completo conhecimento do processo e destas propriedades é que terá auxílio (rever a frase)no avanço tecnológico da indústria alimentícia (BAPTESTINI et al., 2015).

Diante da necessidade de um avanço tecnológico, o estudo da cinética de secagem objetiva o conhecimento do comportamento do material ao longo do processo e a previsibilidade do tempo de secagem, considerando que a modelagem do processo é de grande relevância para o desenvolvimento e aprimoramento dos secadores, e com isso possibilitando a padronização do processo (SOARES et al., 2009).

O estudo das curvas de secagem de um produto é de grande importância para indicar a velocidade de retirada de água em qualquer tempo, medido desde o início do processo. É sobre a inclinação da curva, sendo maior ou menor, que indica a facilidade ou dificuldade de retirada de água durante o processo de secagem (MELONI, 2003). De acordo com Cano-Chauca et al., (2004), é através das curvas de secagem que possibilita prever o momento do processo que acerta o teor de umidade desejado e assim conferindo um produto de boa qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2016. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2016. 88 p.

AJAO, A.; SHONUKAN, O.; FEMI-ONADEKO, B. Antibacterial effect of aqueous and alcohol extratcts of *Spondias mombin* and *Alchornea cordifolia* – two local antimicrobial remedies. *International Journal of Crude Drug Research*, Leisse, v.23, p.67-72, 1985.

BAG,S. K.; SRIVASTAV, P.P.; MISHIRA, H.N. Optimization of process paramaters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. *Food Bioprocess Technology* . V.4, p. 1450- 1458, 2011.

BAPTESTINI, F. M.; CORRÊA, P. C.; JUNQUEIRA, M. S.; RAMOS, A. M.; VANEGAS, J. D. B.; COSTA, C. F. Modelagem matemática da secagem de espuma de graviola. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 12, p. 1203- 1208, 2015.

BOSCO, J., SOARES, K. T., AGUIAR FILHO, S. P., E BARROS, R. V. (2000). A cultura da cajazeira. João Pessoa: EMEPA-PB.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Instrução Normativa nº 1, de 7 jan. 2000, do Ministério da Agricultura. *Diário Oficial da União*, Brasília, n. 6, 10 jan. 2000. Seção I, p. 54-58. Aprova os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas.

CANO-CHAUCA, M. et al. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v.22, p.121-132, 2004. Disponível em: . Acesso em: <http://revistas.ufpr.br/alimentos/>. 04/02/2017.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Physical and

chemical characterization of fruit pulps from amazonia and their correlation to free radical scavenger activity. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196- 1205, 2010.

CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R. F. R.; OLIVEIRA, W. M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, p.326-328, 2003.

CAVALCANTE, P.B. Frutas Comestíveis da Amazonia 1, Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 1972 [Museu Paraense Emílio Goeldi. Publicações avulsas, 17).

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/Faepe, 1990. 320 p.

CRUZ, W. F. Obtenção da polpa de Goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em ciência e Tecnologia de alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo solo comercializado em 4 estabelecimentos de Brasília DF. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, p.541-545, 2001.

FAO. Base de dados estatísticos FAOSTAT Agriculture. Roma: FAO, 2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> . Acesso em: 28 de janeiro de 2017.

FRANCO, B.G.M.F; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu, 2005.

FREITAS, D.GRANDI., MATTIETTO, R.A. Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 33(Supl. 1): p. 148-154, fev. 2013.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F.A. E FONSECA JÚNIOR, E.M.(2006) - Biometria de frutos

e endocarpos de Murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.).*Cerne*, 12, 1: 84-91. HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, T., BROWN, J. W., SCHLUMPBERGER, B. O.,

EGUIARTE, L. E., AND MAGALLÓN, S. Beyond aridification: multiple explanations for the elevated diversification of cacti in the New World Succulent Biome. *New Phytol.* 202, 1382–1397, 2014.

IBRAF- Instituto Brasileiro de Frutas. *Revista Frutas e Derivados*. P. 7-19. Ano 3, ed.09, 2008.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais. Campinas: ITAL, 1988. cap.1, p.1-17.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Characteristics of foam prepared from star fruit (*Averrhoa carambola* L.) puree by using methyl cellulose. *Food Hydrocolloids*, v. 13, p. 203-210, 1999.

MATTIETTO, R. A., LOPES, A. S., MENEZES, H. C. Physical and physicochemical characterization of caja fruit (*Spondias mombin* L.) and its pulp, obtained using two types of extractor. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 13, n. 1, p. 156– 164, 2010.

MELONI, P.L.S. Desidratação de frutas e hortaliças. Instituto Frutal – Fortaleza. 87p 2003.

PORTAL BRASIL. Saúde. Agosto, 2011. Consumo de frutas no Brasil está abaixo do recomendado pela OMS, mostra pesquisa. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2011/08/consumo-de-frutas-no-brasil-esta-abaixo-do-recomendado-pela-oms-mostra-pesquisa>. Acesso em 02 de fevereiro de 2017.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. Carotenoides e valor de vitamina A em caja (*Spondias lutea*). *Ciência Tecnologia de Alimentos*, v. 9, p. 148-162, 1989.

SACRAMENTO, C.K.; SOUZA, F.X. de. Cajá (*Spondias mombin* L.). Jaboticabal: FUNEP, 2000. 42p. (Frutas Nativas).

SEBRAE- Agronegócio Fruticultura. Boletim de Inteligência. Outubro, 2015 Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$File/5791.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf). Acesso em 02 de fevereiro de 2017.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F.A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação de polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. *Ciência Agrotecnologia*, v.32, n.6, p. 1899-1905, 2008.

SILVA, A.Q.; SILVA, H. Cajá, uma frutífera tropical, Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura, Caçador, v.14, n.4, p.12-13,1995.

SOARES, E. C. Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leito de espuma. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Dissertação Mestrado, 2009. 88p.

SOUZA, E. P. et al. Enxertia da Cajazeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 1, p. 316-320, 2010.

TIBURSKI, J.H., ROSENTHAL, A., DELIZA, R., GODOY, R.L.O. PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. *Food Research International*. 44. 2326–2331 (2011) TODA FRUTA. Cajá (*Spondias Mombin* L.). Todafruta, 2015. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/noticia/30807/Spondias+mombin+Caj%E1,+Tapereb%E1>. Acesso em: 02 fev. 2017.

YAHIA, E. M. The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health. In L. A. Rosa, E. Alvarez-Parrilla, & G. A. Gonzalez-Aguilara (Eds.), *Fruit and vegetable phytochemicals chemistry nutritional value and stability*. Wiley-Blackwell: Hoboken, 2010.

3. OBJETIVOS

Apresentar estudos que mostram a potencialidade morfológica e nutricional como a caracterização física e físico-química dos frutos de cajá. Desenvolvimento de métodos de conservação para melhor aproveitamento da polpa, buscando alternativas que proporcionem viabilidade técnica com características de um ótimo produto final, assim, como o método de secagem por camada de espuma; um desenvolvimento tecnológico para secagem de polpa de frutos. E avaliação do estudo da cinética de secagem permitindo avaliar o melhor processo sobre o efeito da temperatura.

4. CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista *Ciência e Tecnologia de Alimentos*)

Caracterização física e físico-química dos frutos de cajá (*Spondias mombin* L.) provenientes de diferentes acessos nativos

RESUMO

Dentre as grandes diversidades de frutos exóticos do cerrado, o cajá se destaca pelo sabor peculiar, consumidos na forma *in natura* ou processados, mas pouco se conhece sobre as características físicas e físico-químicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar essas características de diferentes acessos da região de Montes Claros de Goiás. Foram realizadas análises de densidade, volume, massa do fruto, massa da semente e rendimento da polpa. Avaliou-se os frutos quanto ao comprimento, diâmetro, tanto do fruto como da semente e a espessura da polpa. Para as análises físico-químicas, avaliou-se a acidez titulável, teor de sólidos solúveis, pH e vitamina C. Nas análises de minerais avaliou-se teor de macro e micronutrientes e nos compostos bioativos, foram realizados compostos fenólicos e atividade antioxidante pelo método de ORAC e ABTS. Os quatro acessos analisados diferiram entre as características analisadas nos frutos. Os acessos 1 e 2 tiveram os menores pesos, mas com os maiores rendimentos de polpa. O acesso 2 teve os maiores valores de comprimento, diâmetro maior tanto para o fruto como para a semente e o maior valor de espessura da polpa e também, nos atributos de macro e micronutrientes e compostos fenólicos foram os valores mais elevados. O acesso 3 teve os menores valores para acidez titulável e sólidos solúveis, e maiores valores para pH e vitamina C. Apesar das variações o acesso 2 teve melhores valores positivos em relação aos demais acesso e os resultados estão em concordância

com a literatura.

Palavras-chave: morfologia; bioativos: polpa; qualidade.

ABSTRACT

Among the great diversities of the exotic fruits of the cerrado, the cajá stands out for the peculiar flavor, consumed in *in natura* or processed form, but little is known about its physical and physicochemical characteristics. The objective of this work was to evaluate these characteristics of different accesses in the region of Montes Claros de Goiás. The analyzes were performed of density, volume, fruit mass, seed mass and pulp yield. Fruits were evaluated for length, diameter of both fruit and seed and thickness. For the physico-chemical analysis, titratable acidity, soluble solids content, pH and vitamin C were evaluated. Ash, moisture and protein were also evaluated in the proximal compositions. In the analysis of minerals, the content of macro and micro-nutrients was evaluated and in the bioactive compounds, phenolic compounds and antioxidant activity were made by the ORAC and ABTS. The four accesses analyzed differed among the characteristics analyzed in the fruits. Accessions 1 and 2 had the lowest weights, but with the highest yields of pulp. Access 2 had the highest values of length, larger diameter for fruit and for the seed and the highest value of pulp thickness and also, on the attributes of macro and micro-nutrients and phenolic compounds was the highest values. Access 3 had the lowest values for AT and Brix, and higher values for pH and vitamin C. Access 4 had a higher incidence of protein. Despite the variations in relation to access, the results are in agreement with the literature.

Key words: morphology; bioactive; pulp; quality.

4.1. INTRODUÇÃO

O Brasil por ser um grande produtor de frutas consumidas e apreciadas em todo o mundo, tem elevada variedade de frutos exóticos que são pouco conhecidos que representa grande potencial para o desenvolvimento de novos produtos (Freitas et al., 2013). Dentre essa grande diversidade e infinidade de frutos tropicais encontra-se o cajá (*Spondias mombim* L.). É uma espécie frutífera pertencente à família das *Anacardiáceas*, e pode ser nomeado como cajazinho, taperebe e cajá-mirim (Sacramento, 2000). O fruto é uma drupa ovoide pequena (3 cm a 5 cm de

comprimento) com pele fina amarela e um sabor agridoce (Bosco et al., 2000). Os frutos de cajá são suculentos, com alta concentração de vitamina C, são amplamente consumidos na forma *in natura* ou em forma de processados (Ajao et al., 1985).

É importante caracterizar os frutos não só pela avaliação física como também pelas características físico-químicas dos genótipos, permitindo identificar genótipos com qualidades físico-químicas desejáveis e adaptados para região de cultivo (Greco et al., 2014).

Visando a importância da caracterização morfológica e das características físico-químicas dos frutos de cajá, objetivou-se neste trabalho, obter informações sobre a variabilidade existente de frutos de cajá nativos, em quatro acessos de coleta na região do município de Montes Claros de Goiás, avaliando quanto as características morfológicas dos frutos (propriedades físicas e dimensionamento dos frutos e das sementes), além do rendimento e qualidade físicas e química da polpa de cajá.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de cajá, provenientes de vegetação natural, sem plantio organizado na região de Montes Claros de Goiás (16°06'20" S e 51°17'11" W), foram colhidos manualmente na safra de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016. Para a colheita dos frutos foi realizado o balanço dos galhos, para a caída dos frutos maduros, sendo estes recolhidos em uma lona esticada sobre o solo, evitando que os frutos tivessem degradações. Para a coleta foram selecionadas quatro regiões situadas no Município de Montes Claros de Goiás e as coordenadas geográficas de cada genótipo foram definidas pelo sistema de GPS (*Global Position System*), com suas respectivas direções sendo a região 1 (16°05'440" S e 51°17'671" W), a região 2 (16°06'183" S e 51°15'902" W), a região 3 (16°04'021" S e 51°15'713" W) e a região 4 (16°08'200" S e 51°14'051" W).

Os frutos de cajá após a coleta foram acondicionados em sacos de polietileno de 30 x 40 cm e colocados em caixas térmicas, transportados ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do IFGoiano - Campus Rio Verde – Goiás, selecionados quanto ao tamanho, coloração e ausência de injúrias mecânicas, sanitizados em água clorada a 150 ppm por 15 minutos e secos em papel toalha. Para a caracterização das análises morfológicas e físicas foram selecionados de cada região 60 frutos (60 repetições), todos aleatórios. Para as análises físico-químicas os frutos foram despulpados em despulpadeira elétrica (*Tortugan/Processador ker Mod 1.5*), acondicionados em sacos plásticos de polietileno

de 25x 35 cm e armazenados a -18° C até a realização das análises.

O comprimento ou altura dos frutos (H), e o diâmetro foram obtidos com o auxílio de paquímetro digital na posição equatorial ou mediana dos frutos, sendo diâmetro maior (D1) e diâmetro menor (D2). O volume do fruto foi obtido por deslocamento de água em proveta (Silva et al., 1998) e o peso do fruto inteiro registrado em balança digital de precisão (Bel Engineering[®]). Calculou-se a densidade do fruto pela Equação 1:

$$\text{Densidade (g.mL}^{-1}\text{)} = \frac{\text{massa do fruto}}{\text{volume do fruto}} \quad (1)$$

A semente do fruto foi removida através de extração manual (Soares, J.C,2015) e assim calculado o peso da semente, obtendo o rendimento da polpa por meio da Equação 2:

$$\text{Rendimento da polpa} = \frac{\text{massa do fruto} - \text{massa da semente}}{\text{massa do fruto}} * 100 \quad (2)$$

Na separação da polpa com a semente, foram obtidos os dados do comprimento (h), diâmetro maior (d1) e diâmetro menor (d2) da semente, e a espessura da polpa (Soares, J.C,2015). O cálculo para espessura foi através do diâmetro maior do fruto o (D1) e diâmetro maior da semente (d1) dada pela Equação 3:

$$\text{Espessura da polpa (mm)} = \frac{D1 - d1}{2} \quad (3)$$

A acidez titulável (AT) foi realizada por titulação com solução de NaOH (0,01N), segundo método nº 942.15 da AOAC (2010), e expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de amostra. Para avaliação do pH utilizou-se o potenciômetro digital de bancada modelo Luca - 210 P (MS Tecnoyon) segundo método nº 981.12 da AOAC (2010). Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados utilizando refratômetro da marca ATAGO PR-101, segundo método nº 932.12 da AOAC (2010) tomando como referência os valores expressos em °Brix. Os teores de ácido ascórbico foram determinados por volumetria de oxirredução, com titulação das amostras de cajá com solução 2,6-dicloro-fenolindofenolsódico (DCFI), segundo método da AOAC (2010), nº 967.21.

Os minerais das polpas das quatro regiões foram analisados em espectrômetro de absorção atômica, modelo SpectrAA 110 Varian no Laboratório Solotech Cerrado, Rio Verde Goiás. De acordo com os métodos AOAC 997,15 e 990,8 (AOAC, 2010). Os resultados foram expressos em mg.100 g⁻¹. Todas as análises foram realizadas em

triplicata.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para determinação dos compostos bioativos foi realizado a obtenção dos extratos, do qual foram obtidos em triplicata, conforme descrito por Bloor (2001) com adição de 10 mL de etanol 80% (v/v) a 1,0 g do material liofilizado. As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Análise Instrumental da ESALQ/ USP de Piracicaba, São Paulo. A extração foi conduzida em aparelho ultrassom por 30 minutos, sob vibração constante e temperatura ambiente. Em seguida, procedeu-se a centrifugação a 5000 x g durante 15 minutos e, após a filtração, o sobrenadante (extrato bruto) foi recuperado e utilizado para as análises químicas. A análise dos compostos fenólicos totais dos extratos foi realizada de acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocateau descrito por Kruawan e Kangsadalampai (2006), utilizando ácido gálico como padrão.

Os extratos foram adequadamente diluídos e a alíquota de 20 µL da amostra diluída foi transferida para cada poço de uma microplaca e adicionado 100 µL do reagente Folin-Ciocateau 10% em água. A mistura permaneceu em repouso por cinco minutos, sendo posteriormente adicionados 75 µL de solução de carbonato de sódio a 4% em água. A leitura foi realizada a 740 nm após 40 minutos de reação. Uma amostra em branco foi conduzida nas mesmas condições e os resultados dos compostos fenólicos totais foram expressos em equivalentes de ácido gálico.

A determinação da atividade antioxidante pelo ORAC, foi realizada de acordo com Chisté et al. (2011). Foram adicionados em microplacas, na seguinte ordem: 30 µL do extrato devidamente diluído, 60 µL de fluoresceína 508,25 mM e 110 µL de AAPH 76 mM. Para a obtenção da curva padrão ($R^2 > 0,99$), o volume do extrato foi substituído por soluções de Trolox nas concentrações de 25 µM, 50 µM, 100 µM, 200 µM e 400 µM.

A mistura foi mantida a 37°C para promover a termo de decomposição do AAPH e, por consequência a geração de radicais peroxila, enquanto isso o sinal da fluorescência foi monitorado a cada 1 minuto até o completo decaimento para todas as amostras (aproximadamente duas horas). Para tanto, os comprimentos de onda de excitação e de emissão utilizados foram de 485 nm e 528 nm, respectivamente.

Os resultados, e pesos e equivalente a µmol de Trolox/g e base seca, fora determinado por meio da diferença dos valores entre a amostra e seu controle no que

diz respeito à área sob a curva do decaimento da fluorescência (intensidade X tempo) equação (4).

$$\frac{AUC_{amostra}-AUC_{controle}}{AUC_{trolox}-AUC_{controle}} \quad (4)$$

Todos os extratos e as soluções foram diluídos em tampão fosfato 75mM (pH = 7,4), a importância do tampão se deve ao fato de haver significativa diminuição na intensidade da fluorescência quando o pH está entre valores menores que 7 (Ou et al 2001).

A atividade antioxidante pelo método ABTS [2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin- 6-ácido sulfônico)] foi realizada conforme a metodologia descrita por Al-Duais et al. (2009). O radical ABTS⁺ foi formado pela reação de 140 mM de persulfato de potássio com 7 mM de ABTS e, armazenado no escuro e a temperatura ambiente, por 16 horas. Uma vez formado, o radical foi diluído em tampão fosfato de potássio 7,5 Mm (pH= 7,4) até a obtenção do valor de absorvância de 0,700 ± 0,020 nm em comprimento de onda de 734 nm. A partir do extrato, foram preparadas três diluições diferentes. Em ambiente escuro, foram adicionados em microplacas, alíquota de 20 de cada diluição do extrato da amostra e adicionou-se 220 do radical ABTS⁺. As absorvâncias foram lidas a 734 nm, após seis minutos de reação, utilizando o tampão fosfato de potássio 7,5 mM (pH= 7,4) como branco. Como referência, utilizou-se o Trolox, um antioxidante sintético análogo a vitamina E, nas concentrações de 12,5 M a 200 M. Os resultados foram expressos em M Trolox/g de extrato (atividade antioxidante equivalente ao Trolox).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1, as características físicas e Tabela 2, características morfológicas do fruto de cajá, notando-se que houve variações e diferenças em alguns parâmetros analisados. Os frutos por serem nativos sem o plantio organizado e não serem domesticados, assim como os frutos do cerrado, possuem variações significativas em relação ao seu conteúdo químico e características físicas. Estas características podem ser características edafoclimáticas da fruta no local de coleta. As diferenças também podem ser explicadas pelas características genéticas e climáticas de cada região além de épocas diferentes de coleta dos frutos.

Tabela 1- Características físicas de frutos de cajá: densidade do fruto (DF) (g mL^{-1}), (massa do fruto (MF) (g), massa da semente (MS) (g), rendimento de polpa manual (RM) (%) e volume do fruto (VF) (mL).

Acessos	Densidade do fruto (g.ml^{-1})	Massa do fruto (g)	Massa da semente (g)	Rendimento manual da polpa (%)	Volume do fruto (ml)
1	0,94 ^b	6,86 ^d	2,83 ^d	58,58 ^b	7,36 ^c
2	0,94 ^b	15,78 ^c	6,03 ^c	62,48 ^a	16,93 ^a
3	2,99 ^a	25,61 ^a	11,66 ^b	54,41 ^c	8,86 ^c
4	2,75 ^a	23,38 ^b	14,28 ^a	38,74 ^d	8,88 ^c

*Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na densidade dos frutos de cajá, de acordo com a Tabela 1, não houve diferença para os acessos 1 e 2, tão pouco para os acessos 3 e 4. Os valores de densidade mostraram que nem sempre o aumento da densidade do fruto obtidos, dos dados de peso e do volume proporcionam maior rendimento da polpa, podendo observar que os maiores valores de densidade dos acessos 3 e 4 não foram os maiores valores de rendimento da polpa.

Com relação à massa do fruto houve diferença em todos os acessos. Bosco et al. (2000) determinou uma classificação para frutos de cajá considerando frutos grandes quando a massa for superior a 15 g, os médios tendo peso da massa entre 12 g e 15 g, e os pequenos, com peso inferior a 12 g. Em comparação com este trabalho os acessos 2, 3 e 4 foram classificados como frutos grandes, apenas o acesso 1 na classe de frutos pequenos. Porém, pelos dados das análises, observa-se que esta variável não interfere no rendimento de polpa, uma vez que frutos pequenos ou com baixo peso de massa (acesso 1 e 2) apresentaram rendimentos mais elevados do que os frutos grandes, tendo peso de massa maior (acesso 3 e 4), fato também observado por Pinto et al. (2003), em que a massa do fruto de cajá não influenciou sobre o rendimento de polpa.

Para a massa da semente houve a mesma variação significativa ($p \leq 0,05$) assim como a massa do fruto. Observa-se então a relação que os maiores pesos de

massa do fruto são também os maiores pesos de massa de semente. Esses valores sendo de 2,838 g o menor peso no acesso 1 e 14,280g de maior peso de semente no acesso 4, estão diferentes de valores encontrados por Carvalho et al. (2017), e o peso das sementes variam com menor e maior valores de 2,97 a 7,21, respectivamente. Para o mercado de polpas, é preferível a correlações negativas ocorridas entre peso da semente com os demais parâmetros, ocorrendo a seleção de genótipos com maior rendimento de polpa (Soares et al., 2008).

O rendimento percentual de polpa após extração demonstra elevado potencial do fruto para a indústria alimentícia, visando polpa e sucos, considerando o principal fator para a aquisição da matéria-prima (Santos et al., 2010). Os resultados do rendimento da polpa apresentados na Tabela 1, mostram variação de 38,743% a 62,480% e todos os acessos tiveram diferença significativa. Enquanto Cavalcante et al. (2009), em estudo sobre cajás em sete municípios do brejo paraibano, teve resultados com rendimento em polpa mínimo de 46,80% e máximo de 62,30%. Quanto maiores o tamanho do fruto em relação ao comprimento, diâmetro transversal e longitudinal, mais alto será também o rendimento de polpa e casca, supondo que o valor de uma variável é diretamente proporcional ao valor da outra (Nascimento et al., 2014).

O volume do fruto está relacionado com o seu comprimento e diâmetro do qual o acesso 2 com volume de 16,933 mL foi o maior fruto em tamanho e largura coletado em comparação com os demais acessos observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características morfológicas dos frutos (mm) e sementes de cajá (*Spondias mombin* L.). Diâmetro menor do fruto (D2); comprimento do fruto (H); diâmetro maior do fruto (D1), diâmetro menor da semente (d2); comprimento da semente (h), diâmetro maior da semente (d1) e espessura de polpa (EP).

Acessos	D2	H	D1	d2	H	D1	EP
1	17,67 ^c	31,08 ^b	21,49 ^b	13,69 ^d	26,30 ^b	13,69 ^d	2,50 ^b
2	22,41 ^b	36,46 ^a	28,25 ^a	17,70 ^b	30,54 ^a	17,70 ^b	3,81 ^a
3	22,65 ^b	29,45 ^c	19,05 ^c	14,54 ^c	21,24 ^c	14,54 ^c	3,69 ^a
4	24,45 ^a	31,20 ^b	20,91 ^b	18,72 ^a	25,61 ^d	18,72 ^a	2,82 ^b

*Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2, o comprimento dos frutos (H) e do diâmetro maior (D1), a diferença significativa foi para os acessos 2 e 3, já que os acessos 1 e 4 em ambos parâmetros se mantiveram na mesma proporção de valores próximos desses frutos. As outras dimensões tanto o diâmetro menor do fruto (D2) e da semente diâmetro maior (d1) e menor (d2), e o comprimento da semente (h), apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$). A espessura, sendo a relação da semente com o fruto não obteve diferença ($p \geq 0,05$) entre os acessos 2 e 3, assim como os acessos 1 e 4.

Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por Carvalho et al., (2017) e os menores valores para o comprimento do fruto (H) foram de 25,3 mm e máximo de 38,73 mm. Assim como o comprimento da semente (h) com valores menores e maiores entre 21,63 mm a 33,55 mm, respectivamente. Já os valores para diâmetro da semente foi 13,97 mm a 21, 97 mm. Vieira Neto (2002), caracterizou frutos de cajazeira, sendo oblongos, por seu formato mais comprido do que largo, sendo os valores de diâmetro menores que o comprimento.

Na espessura da polpa obtidos por meio do diâmetro do fruto (D1) com o diâmetro da semente (d1), não houve diferença significativa entre os acessos 1 e 4, e os acessos 2 e 3. Apesar dos resultados dos diâmetros entre os acessos terem diferenciado, isso não influenciou na espessura da polpa. A maior espessura da polpa sendo o acesso 2 foi que melhor gerou rendimento de polpa manual (Tabela 1), característica importante tanto para o mercado de frutos natural como para a indústria. De acordo com Bruckner et al. (2002), frutos destinados para a indústria devem possuir de preferência casca fina e cavidade interna preenchida, para atender aos requisitos de alto rendimento de suco.

Devido aos efeitos do tipo de solo em relação ao metabolismo e a fisiologia das plantas, a diferença no nitrogênio disponível entre solos, tem diversos efeitos indiretos sobre a qualidade do fruto (Asanda Mditshwa et al., 2017). A acidez titulável (AT), (Tabela 3) diferiu entre os acessos 1 e 4 com os acessos 2 e 3. Os acessos 1 e 4 não houve diferença sendo os maiores valores de acidez em comparação com os outros acessos. Esses acessos que não diferiram são nativos em solos mais úmidos em beiras de córregos, diferentes dos solos dos demais acessos. Nas análises de macro e micronutrientes deste trabalho, os maiores valores de nitrogênio também foram para os acessos de maiores valores na acidez.

Tabela 3 - Características físico-químicas (acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) (°Brix), pH e Vitamina C) da polpa de cajá (*Spondias mombin* L.) de 4 acessos da região de Montes Claros de Goiás.

Acessos	AT (g.100g ⁻¹ ácido cítrico)	SST (°Brix)	pH	Vitamina c (mg.100g ⁻¹)
1	1,04 ^a	9,96 ^b	2,90 ^b	13,69 ^c
2	0,78 ^b	11,23 ^a	2,88 ^c	19,96 ^b
3	0,62 ^c	9,30 ^c	2,95 ^a	24,07 ^a
4	0,92 ^a	11,30 ^a	2,60 ^d	14,28 ^c

*Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Soares et al. (2006), relataram que valores muito altos de acidez identificam frutos mais azedos, que não seja tão viável para o consumo *in natura* e também podem consumir maiores quantidades de açúcar na elaboração de produtos alimentícios. Já valores próximos ou acima de 1,00% são os de maior interesse para a agroindústria, pois reduzem a quantidade da adição de ácido cítrico para padronização da polpa e inibem o desenvolvimento de micro-organismos (Lima et al., 2002).

Em relação ao teor de sólidos solúveis os acessos 2 e 4 não apresentaram diferença. Já o acesso 3 foi o de menor valor em comparação com os demais acessos. O que se observa no acesso 3 é que por ser uma região mais seca, nativo em uma pastagem sem sombras por perto, desprotegida e sem umidade talvez haja falta de compostos como disponibilidade hídrica, transpiração, fotossíntese, além do carbono e sólidos que melhoram as características físico-químicas dos frutos. O ambiente quando protegido proporciona melhores condições ao desenvolvimento e à sanidade das plantas, as condições climáticas proporcionadas por esse ambiente permitem maior expressão das atividades fisiológicas (Taiz & Zeiger, 2004).

Os valores deste trabalho entre todos os acessos estão similares com o trabalho de Coelho et al. (2010), que trabalhando sobre clones de cajazeira também obtiveram valores de sólidos solúveis entre 9,58 e 11,83 °Brix.

Todos os valores diferiram significativamente em relação a análise do

potencial hidrogeniônico (pH). O menor valor foi para o acesso 4 sendo 2,605 e o de maior valor para o acesso 3 com 2,957. No processamento de frutos, o pH baixo ajuda na conservação dos alimentos dificultando o desenvolvimento de micro-organismos, já para o consumo fresco, valores elevados de pH têm maior preferência ao paladar (Gondim et al., 2013). De acordo com Pinto et al. (2003) em relação a caracterização físico-química de cajazeira o menor valor de pH em genótipos teve como resultados de 2,26 e maiores valores com 2,95 similar ao maior valor encontrado neste trabalho, apesar da diferença estatística, todos os valores de pH entre os acessos estão na mesma faixa.

Na análise de vitamina C, o acesso 3 foi o de maior valor na quantificação com 24,070 mg/100g. A produção de ácido ascórbico é bastante influenciada pela radiação solar (ICET, 2004). Por essa relevância o acesso 3 onde a árvore fica em região desprotegida, tem mais contato de incidência solar, podendo interferir na qualidade do fruto. Deve-se ressaltar então que o alto teor de vitamina C é uma característica desejável no ponto de vista nutricional. Já os acessos 1 e 4 não diferiram significativamente ($p \geq 0,05$) sendo os de menores valores com teor de vitamina C. Estes resultados mostraram alta variabilidade existente na espécie em relação a essa variável. Carvalho et al. (2008), encontraram valores de 3,8 a 16,3 mg/ 100mL em seu estudo sobre caracterização morfológicas e físico-químicas dos frutos de umbu cajazeira das regiões do estado da Bahia. O teor de vitamina C presente naturalmente nas frutas é um parâmetro nutricional de grande importância pelo seu elevado poder antioxidante na prevenção e combate de diversas doenças.

A quantificação dos minerais encontrados na polpa de cajá em quatro acessos distintos está representada na Tabela 4. Houve variações significativas na quantificação dos macros e micronutrientes da polpa de cajá de quatro acessos de coleta distintos na mesma região. A polpa do acesso 4 apresentou elevado teor de nitrogênio quando comparado as demais amostras analisadas neste trabalho. Já o fósforo e potássio se destacaram nas amostras dos acessos 2 e 3. Os nutrientes enxofre, cobre, ferro e zinco evidenciaram na amostra do acesso 1. A variação nos dados contribui para afirmar as diferenças do solo, sendo os minerais dependentes da fertilidade da região (Leterme et al., 2006). Conforme Tiburski et al. (2011) determinaram níveis baixos de fósforo, potássio e cálcio em frutos de cajá, no entanto, para as amostras analisadas houve incidência considerável de potássio. Matietto (2005) obteve valores de ferro com 1,16; cobre 0,18 e baixo valor de manganês com 0,35 em

mg/100g, valores esses superiores aos encontrados nos diferentes acessos deste trabalho.

Tabela 4 - Macro e micronutrientes de nitrogênio (g/Kg), fósforo (g/Kg), potássio (g/Kg), cálcio (g/Kg), enxofre (g/Kg), cobre (mg/Kg), ferro (mg/Kg), manganês (mg/Kg) e zinco (mg/Kg) dos acessos de coleta dos frutos de cajá (*Spondias mombim* L.) acesso 1; acesso 2; acesso 3 e acesso 4 na região do Município de Montes Claros de Goiás.

ACESSOS	N	P	K	C	S	Cu	Fe	Mn	Zn
1	2,23 ^a	0,22 ^{ab}	4,00 ^{ab}	0,22 ^a	0,36 ^a	1,60 ^a	7,26 ^a	0,40 ^c	1,00 ^a
2	1,30 ^b	0,25 ^a	4,80 ^a	0,17 ^a	0,31 ^a	1,43 ^a	4,46 ^b	1,20 ^a	1,03 ^a
3	1,90 ^b	0,23 ^{ab}	4,80 ^a	0,34 ^a	0,28 ^a	1,40 ^a	3,40 ^b	0,53 ^c	0,83 ^a
4	3,20 ^a	0,19 ^b	3,56 ^b	0,33 ^a	0,35 ^a	1,26 ^a	4,10 ^b	0,90 ^b	0,96 ^a

*Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados para os compostos fenólicos e a atividade antioxidante das amostras de cajá dos quatro acessos. A polpa de cajá apresentou valores variando de 1,507 a 2,887 mg/g de compostos fenólicos. Valores superiores foram observados por Vasco et al. (2008), Filgueiras et al. (2001) e Melo et al. (2008), 249 mg/g, 150 mg/g e 126 mg/g respectivamente. Os compostos fenólicos contribuem para fornecer proteção contra doenças crônicas quando consumido por longos períodos (Tiburski et al., 2011).

Tabela 5 - Resultados de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante dos acessos de coleta de cajá (*Spondias mombim* L.) acesso 1; acesso 2; acesso 3 e acesso 4 na região do Município de Montes Claros de GO. Fenólicos totais (mg Eq. AG 100⁻¹). **Eq. AG= equivalente a ácido gálico.

Acessos	Compostos Fenólicos Totais (mg.g ⁻¹)	ORAC		ABTS	
		μmolTE.g ⁻¹ de extrato	μmolTE.g ⁻¹ de polpa	μmolTE.g ⁻¹ de extrato	μmolTE.g ⁻¹ de polpa

1	2,20±0,10	50,55±2,00	16,85±0,66	47,58±1,98	15,86±0,66
2	2,28±0,08	49,44±6,50	21,68±2,85	40,92±2,37	17,95±1,04
3	1,50±0,26	47,11±1,39	15,15±0,45	51,65±0,51	16,60±0,16
4	1,62±0,11	65,09±1,01	24,75±0,38	47,47±0,70	18,05±0,26

*Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A variação nos valores de compostos fenólicos em frutos está relacionada com o uso de solventes e o método de extração. Também, com a espécie do fruto, a cultivar, a maturação e condições climáticas. Roesler et al. (2008), relatam que os compostos fenólicos estão diretamente relacionados com as propriedades antioxidante do material.

A atividade antioxidante dos frutos de cajá apresentou variações conforme o método de extração, a região do fruto e a relação da atividade no extrato e na polpa. A quantificação dos compostos antioxidantes foi mais precisa através do uso da metodologia ORAC quando comparada a ABTS. Segundo Sucupira et al. (2015) o método ORAC quantifica as moléculas com funções antioxidantes através da fluorescência e dano oxidativo evitando interferência de outros compostos durante a análise e contribuindo para que não ocorra perdas através da presença de luz e calor.

4.4. CONCLUSÃO

Diante da importância da caracterização física e físico-química dos frutos, assim como as características de qualidade da polpa, pode-se dizer que os frutos de cajá mesmo com variações significativas entre os acessos da região, destaca-se o acesso 2 a obtenção de melhor influência com características positivas sendo o menor peso de massa de frutos e da semente, além de maiores valores de comprimento, diâmetro e volume e tendo maior espessura, refletindo em maior rendimento de polpa sendo mais preferível e de característica importante para as indústrias estando de acordo também com a demanda e exigências do mercado. Além dos parâmetros de qualidades nutricionais, o acesso 2 também teve os melhores atributos na maioria dos macros e micronutrientes analisados e tendo o maior teor de composto fenólico, que vem recebendo muita atenção contribuindo com vários efeitos benéficos a saúde. Contudo apesar das pequenas variações causadas pelas diferentes áreas de colheita, no

geral, os resultados estão dentro do citado na literatura.

4.5. REFERÊNCIAS

Ajao, A., Shonukan, O., & Femi-Onadeko, B. (1985). Antibacterial effect of aqueous and alcohol extratcts of *Spondias mombin* and *Alchornea cordifolia* – two local antimicrobial remedies. *International Journal of Crude Drug Research*, Leisse, 23, 67-72.

Aldrigue, M. L. (1986). Caracterização física, química e físico-química do cajá (*Spondias lutea* L.). In: 2º Seminário Agropecuário do Acre, Rio Branco.

Al-Duais, M., Muller, L., Bohm, V., Jetschke, G. (2009). Antioxidant capacity and total phenolics of *Cyphostemma digitatum* before and after processing: use of different assays. *European food research and technology*, 228,813-821.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. Official methods of Analysis. 18ª ed. 3ª rev. Washington DC USA, 2010, 1096p.

Bloor, S. J. (2001). Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. *Methods in Enzymology*, 25, 3-14.

Bosco, J., Soares, K. T., Aguiar Filho, S. P., & Barros, R. V. (2000). A cultura da cajazeira. João Pessoa: EMEPA. (Documentos, 28).

Bosco, J., Soares, K. T., Aguiar Filho, S. P., E Barros, R. V. (2000). A cultura da cajazeira. João Pessoa: EMEPA-PB.

Brasil, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. (1999). Instrução Normativa no

122, de 10 de setembro de 1999. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Bruckner, C. H., Meletti, L. M. M., Otoni, W. C., & Zerbini Júnior, F. M. (2002). Maracujazeiro. In Bruckner, C. H. (Ed.). *Melhoramento de fruteiras tropicais* (p. 373-410). Viçosa: UFV.

Carvalho, A. V., Chaves, R. P. F., & Alves, R. M. (2017) *Caracterização Física e Físico-Química de Frutos em Matrizes de Cajazeira no Estado do Pará*.

Embrapa Amazônia Oriental Belém, PA. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>.

Carvalho, P. C. L., Ritzinger, R., Soares Filho, W. S., & Ledo, C. A. S. (2008). Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbucajazeira no estado da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(1),140-147.

Cavalcante, L. F., Lima, E. M., Freire, J. L. O., Pereira, W. E., Costa, A. P. M., & Cavalcante, I. H. L. (2009). Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo paraibano. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31 (4), 627-632.

Cecchi, H. M. (2003). *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. Campinas: Editora da Unicamp.

Chisté, R. C., Mercadante, A. Z., Gomes, A., Fernandes, E., Lima, J. L. F. C. (2011). *In vitro* scavenging capacity of anatto seed extracts against reactive oxygen and nitrogen species. *Food Chemistry*, 127 (2), 419-426.

Chitarra, M. I. F.; & Chitarra, A. D. (2005) *Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio* (2, ed.) Lavras: UFLA.

Coelho, E. L., de Souza, P. A., Silva, M. S., de Souza, F. X., & Costa, J. T. A. (2010). Caracterização físico-química dos frutos dos clones de Cajazeira capuan e lagoa redonda submetidos à poda. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5(5), 46-52.

Filgueiras, H. A. C., Alves, R. E., Oliveira, A. C., Farley, C., Moura, H., Araújo, N. C. C. 2001. Calidad de frutas nativas de latinoamerica para industria: Jobo (*Spondias mombin* L.). Proceedings of Interamerican Society for Tropical Horticulture, 43, 72-76.

Freitas, D. D. G. C., & Mattietto, R. D. A. (2013). Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 33, 148-154.

Gondim, P. J. S., Silva, S. M., Pereira, W. E., Dantas, A. L., Chaves Neto, J. R., Santos, L. F. (2013). Qualidade de frutos de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(11), 1217-1221.

Greco, S. M. L., Peixoto, J. R., & Ferreira, L. M. (2014) Avaliação física, físico-química e estimativas de parâmetros genéticos de 32 genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no distrito federal. *Bioscience Journal*, 30, 360-370.

Instituto Centro de Ensino Tecnológico. (2004) Produtor de citros. (2. ed.) Fortaleza: Demócrito Rocha.

Kruawan, K., Kangsadalampai, K. (2006). Antioxidant activity, phenolic compound contents and antimutagenic activity of some water extract of herbs. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, 30(2), 28-35.

Machado, M. T. C., Mello, B. C. B. S., & Hubinger, M. D. (2013). Study of alcoholic and aqueous extraction of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) natural antioxidants and extracts concentration by nanofiltration. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 450 – 457.

Mattietto, R. D. A. (2005). Estudo Tecnológico de um Néctar Misto de Caja (*Spondias lutea* L.) e umbu (*Spondias tuberosa*, arruda camara). (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Mditwa, A., Magwasa, L. S., Tesfay, S. Z., Mbili, N. (2017). Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. *Scientia*

Horticulturae, 216, 148-159.

Melo, E. A., Maciel, M. I. S., Lima, V. L. A. G., Nascimento, R. J. D. (2008) Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 44 (2), 193-201.

Nascimento, R. S. M., Cardoso, J. A., Coccozza, F. D. M. (2014). Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 18, 856- 860.

Noronha, M. A. S., Cardos, E. A., Dias, N. S. (2000). Características físico-químicas de frutos de umbu-cajá *Spondias* sp. proveniente dos Polos Baixo - Jaguaribe (CE) e Assu- Mossoró (RN). *Revista Brasileira de Produtos Agropecuários*, 2(2), 91-96.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Prior, R. L. (2001) Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4619-4626.

Pinto, W. Da S., Dantas, A. C. V. L., Fonseca, A. A. O., Ledo, C. A. Da S. L.; Jesus, S. C. De, Calafrange, P. L. P. & Andrade, E. M. (2003). Caracterização física, físico-química de frutos de genótipos de cajazeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(9), 1059-1066.

Roesler, R., Malta, L. G., Carrasco, L. C., Holanda, R. B., Sousa, C. A. S., Pastore, G. M. (2007). Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(1), 53-60.

Santos, M. B., Cardoso, R. L., Fonseca, A. A. O., & Conceicao, M. N. (2010). Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do Recôncavo Sul da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4), 1089-1097.

Shibao, J., & Bastos, D. H. M. (2011). Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. *Revista de Nutrição*, 24(6), 895-904.

Silva, M. R., Silva, M. A. A. P., & Chang, Y. K. (1998). Use of jatoba (*Hymenaea stigonocarpa* mart.) flour in the production of cookies and acceptance evaluation using univariate and multivariate sensory tests. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 18(1), 25- 34.

Soares, J.C. (2015). Aproveitamento Alimentar do Jambolão. 2015. 208 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia. Goiânia-Goiás, 2015.

Soares, E. B.; Gomes, R. L. F.; Carneiro, J. G. M.; Nascimento, F. N.; Silva, I. C. V.; Costa, J. C. L. (2006). Caracterização física e química de frutos de cajazeira. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, 28(3), 518-519.

Soares, E. D., Gomes, R. L. F., Campelo, J. E. G., Lopes, A. C. A., & Matos Filhos, C. H. A. (2008). Repetibilidade e correlações entre caracteres morfoagronômicos de cajazeira. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(6), 1851-1857.

Sucupira, N. R.; Silva, A. B. D.; Pereira, G.; Costa, J. N. D. (2012). Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. *UNOPAR Científica Ciência Biológica e Saúde*, 14(4), 263 – 269.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2004). *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed.

Tiburski, J. H., Rosenthal, A., Deliza, R., Godoy, R. O., & Pacheco, S. (2011). Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. *Food Research International*, 44(7), 2326-2331.

Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111(4), 816-823.

Vieria Neto, R. D. (2002). Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas. Embrapa tabuleiros costeiros/ Empresa de desenvolvimento agropecuário de Sergipe – Emdagro.

5. CAPÍTULO II

(Normas de acordo com a revista Agriambi)

Caracterização físico-química do pó de cajá (*Spondias mombin* L.) seco por camada de espuma em diferentes temperaturas

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho desenvolver e caracterizar a secagem em espuma da polpa dos frutos de cajá. A polpa de cajá foi desidratada em estufa de circulação de ar forçada, em quatro temperaturas (50, 60, 70 e 80 °C), através da formação de espuma com auxílio do agente espumante emustab. Os dados da secagem foram ajustados e comparados em quatro modelos matemáticos, determinando o coeficiente de difusão efetiva e energia de ativação. Foi analisada a solubilidade em água do pó de cajá e análise de variância da cor (coordenadas de L^* , a^* e b^*). Na polpa *in natura* e desidratada foi analisada o teor de acidez titulável, pH, teor de sólidos solúveis, teor de vitamina C. A cinética de secagem indicou que quanto maior a temperatura mais rápida foi a desidratação da polpa. O modelo Page demonstrou o melhor ajuste matemático durante a secagem. Os valores do coeficiente e energia de ativação foram proporcionais a temperatura do ar de secagem. A acidez titulável, sólidos solúveis e vitamina C aumentaram nas amostras desidratadas quando comparado à polpa *in natura*. O pH e o índice de solubilidade em água diminuíram com o aumento da temperatura de secagem. Os melhores resultados para as características físico-químicas foram para as amostras secas sob a 60 °C. Para coloração do pó foram observadas menor luminosidade, maior incidência de pontos escuros e variações nos pigmentos em relação à polpa *in natura*.

Palavras-chave: cajá, cinética de secagem, difusão, modelagem matemática.

ABSTRACT

The objective of this work was to develop and characterize the foam drying of cajá fruits. Cashew pulp was dehydrated in a forced air circulation oven at four temperatures (50, 60, 70 and 80°C) by foaming with the aid of the emustab foaming agent. The drying data were adjusted and compared in four mathematical models, determining the effective diffusion coefficient and activation energy. The water solubility of cajá powder and color variance analysis (L*, a* and b* coordinates) were analyzed. The pulp *in natura* and dehydrated were analyzed for titratable acidity, pH, soluble solids content, vitamin C content. Drying kinetics indicated that the higher the temperature the faster the dehydration of the pulp. The Page model demonstrated the best mathematical fit during drying. The coefficient and diffusion energy values were proportional to the temperature of the drying air. The titratable acidity, soluble solids and vitamin C increased in dehydrated samples when compared to fresh pulp. The pH and solubility index in water decreased with increasing drying temperature. It was concluded that the physicochemical characteristics presented better results for dry powder at 60 °C. In the analysis of color variance the powder resulted in lower luminosity, higher incidence of dark spots and variations in pigments in relation to *in natura* pulp.

Key words: cajá, kinetics of drying, diffusion, mathematical modeling.

5.1. INTRODUÇÃO

Os frutos de cajá (*Spondias mombin* L.) pertencem à família Anacardiaceae. São cultivados em áreas tropicais da América sendo conhecido como taperebá, cajá-mirim ou cajazinho. Apresentam-se com a forma drupa ovoide, entre 3 e 5 cm de comprimento, pele fina de coloração amarelada e sabor agridoce (Tiburski et al., 2011). A utilização dos frutos de cajá ocorre de maneira simples, com aplicações em polpas congeladas, sucos, geleias, sorvetes, compotas e iogurtes, devido ao sabor exótico, mas apreciado pelos consumidores pela excelente qualidade nutricional (Janick & Paull, 2008).

O cajá é um fruto com curta vida de prateleira e apresenta características de

culturas sazonais sendo interessante a aplicação de tecnologias, como a secagem que contribuem para o aumento da durabilidade do produto. A secagem diminui a disponibilidade de água usada em reações de deterioração e aumenta a estabilidade do produto (Melo et al., 2013).

A secagem em leito de espuma (foam-mat drying) é empregada para obtenção de produtos alimentícios em pó. Os alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis, com uso de vigorosa agitação, sendo incorporados agentes espumantes e, posteriormente a espuma é desidratada (Silva et al., 2008).

O uso da secagem em leito de espuma é apreciado em alimentos sensíveis ao calor, viscosos e com alto índice de açúcar, como frutas e sucos de frutas. Devido a este processo ocorrer em menores temperaturas de desidratação e por menor tempo já que a área de superfície é maior quando comparada a secagem com leito convencional, há maior preservação das características nutricionais (Baptistini et al., 2015).

O aumento da vida de prateleira dos frutos de cajá proporcionará maior possibilidade de aplicação pela indústria alimentícia. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho realizar a secagem dos frutos de cajá em camada de espuma e caracterizar o produto obtido quanto as características físicas e químicas comparadas a polpa *in natura*. Além de verificar a modelagem matemática sobre a cinética de secagem durante a desidratação do fruto.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de cajá, provenientes de uma vegetação natural sem plantio organizado na região de Montes Claros de Goiás (16°06'20" S e 51°17'11" W), foram colhidos manualmente em dezembro de 2015 até fevereiro de 2016. Para a colheita dos frutos foi realizado o balanço dos galhos, para a caída dos frutos maduros, sendo estes recolhidos em uma lona esticada sobre o solo, evitando que os frutos tivessem dano físico. Após a coleta foram acondicionados em sacos de polietileno de 30x40 cm e colocados em caixas térmicas, transportados ao laboratório de Frutas e Hortaliças do IFGoiano - Campus Rio Verde Goiás.

Posteriormente, os frutos foram selecionados quanto ao tamanho, ausência de injúrias mecânicas, maturação e sanitizados em água clorada a 150 ppm por 15 minutos

sendo secos em papel toalha. Os frutos passaram por processo de despulpamento, realizado em despulpadeira elétrica (*Tortugan/Processador ker Mod 1.5*) sendo embalados em sacos de plástico de polietileno de 25 x 35 cm e armazenados em freezer a - 18°C.

Para a formação da espuma utilizou-se Emustab[®], adquirido em mercado local, com proporção 5% em massa. Adicionou-se à polpa de cajazinho (300 g) que foi submetida à agitação, em batedeira doméstica de marca Arno, por 20 minutos. Em seguida foram colocadas em bandejas de alumínio e levadas à estufa com diferentes temperaturas.

Durante a secagem foram analisadas as curvas de secagem das amostras em estufa com circulação de ar forçada, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, pesando as bandejas até peso constante em intervalos regulares. Realizaram-se a análise do processo de secagem e a representação dos dados experimentais utilizando os modelos de Wang e Sing (Mod.1), Verma (Mod.2), Page (Mod.3) e Midilli (Mod.4). Os modelos foram aplicados aos dados experimentais de secagem também por regressões não lineares utilizando o programa computacional STATISTICA, versão 7.0.

Tabela 6 - Modelos matemáticos utilizados para descrever o processo de secagem.

Designação do Modelo	Modelo*	
Wang e Singh	$RX = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2$	(Mod.1)
Thompson	$RX = \exp \left(\frac{-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0,5}}{2 \cdot b} \right)$	(Mod.2)
Page	$RX = \exp (- k \cdot t^n)$	(Mod.3)
Newton	$RX = \exp (- k \cdot t)$	(Mod.4)

*RX – razão do teor de água do produto, adimensional; t – tempo de secagem, h; k – coeficientes de secagem; a, b, n – constantes dos modelos.

Como critério de avaliação da representatividade dos modelos, adotaram-se o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM). Quanto menor o valor de DQM e maior o de R^2 , melhor vai ser o ajuste da Eq. 5.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{pred} - RU_{exp})^2}{n}} \quad (5)$$

em que :

DQM – desvio quadrático médio;

RU_{pred} – razão de umidade predito pelo modelo;

RU_{exp} – razão de umidade experimental;

n – número de observações.

Para avaliar a difusão líquida, utilizou-se o modelo da forma geométrica de placa plana, com aproximação de oito termos (Eq. 6), foi ajustado aos dados experimentais de secagem da polpa de cajá por camada de espuma, considerando a área superficial e o volume, de acordo com a seguinte expressão:

$$RU = \frac{U - U_e}{U^0 - U_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n_t=0}^{\infty} \frac{1}{(2n_t+1)^2} \exp \left[\frac{-(2n_t+1)^2 * \pi^2 * D * T}{4} * \left(\frac{S}{V} \right)^2 \right] \quad (6)$$

em que:

RX – razão de umidade do produto; adimensional;

n_t – número de termos;

S – área da superfície do produto, m^2 ;

V – volume do produto, m^3 , sendo o volume:

$$V = L \times C \times E$$

Para o cálculo da área superficial da espuma da polpa de cajá foram aferidas as medidas de comprimento, largura, área, e espessura através de paquímetro digital, medindo o comprimento (C) vezes a largura (L) da bandeja que foi realizada a secagem da espuma e para determinação do volume de acordo com a Eq. 7.

$$S = C * L \quad (7)$$

em que:

S – área da superfície da bandeja (m^2);

C – comprimento obtido pelo paquímetro na bandeja (m);

L – largura obtida pelo paquímetro na bandeja (mm).

A relação entre a elevação da temperatura do ar de secagem com o coeficiente de difusão efetivo foi descrita por meio da equação de Arrhenius (Eq. 8).

$$D=D_0*\exp\left(\frac{-E_a}{R*T_{ab}}\right) \quad (8)$$

em que:

D_0 – fator pré-exponencial;

E_a – energia de ativação, kJmol;

R – constante universal dos gases, 8,134 kJkmol;

T_{ab} – temperatura absoluta, K.

Os coeficientes da expressão de Arrhenius foram linearizados com a aplicação do logaritmo na seguinte forma (Eq. 9):

$$\text{Ln}D=\text{Ln}D_0-\frac{E_a}{R}*\frac{1}{T_{ab}} \quad (9)$$

Foi realizada a caracterização da polpa *in natura* e após a secagem a caracterização das amostras desidratadas. As amostras em pó foram diluídas em água destilada na proporção de 1:2 para realização da caracterização físico-química. Na quantificação do teor de sólidos solúveis, expressos em °Brix efetuou-se leitura do suco filtrado em refratômetro da marca ATAGO PR-101, segundo método n° 932.12 da AOAC (2010). A acidez titulável foi obtida por titulação do suco filtrado com solução de NaOH (0,01N), e os resultados, expressos em % de ácido cítrico com método n° 942.15 da AOAC (2010). Os teores de ácido ascórbico foram determinados por volumetria de oxirredução, com titulação das amostras de cajá com solução 2,6-dicloro-fenolindofenolsódico (DCFI), segundo método da AOAC (2010), n° 967.21.

Para avaliação do pH utilizou-se o potenciômetro digital de bancada modelo Luca - 210 P (MS Tecnoyon) segundo método n° 981.12 da AOAC (2010). Para a solubilidade da espuma de cajá o índice em percentagem foi calculado pela diferença do peso e expresso em base seca segundo método descrito modificado por Cano-Chauca et al, (2005).

Os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA, seguida pelo teste de Tukey. A significância estatística foi estabelecida ao nível de 5% de regressão. O software estatístico utilizado foi o SISVAR.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, estão apresentadas as curvas experimentais de secagem da polpa

de cajá para a faixa de temperatura de 50 a 80 °C. Verifica-se que o teor de água em função do tempo em que o menor tempo de secagem ocorreu na temperatura de 80 °C. Na temperatura de 50 °C a desidratação foram necessárias 13 horas, na temperatura de 80 °C, esse resultado foi conseguido em 3 horas e 30 minutos.

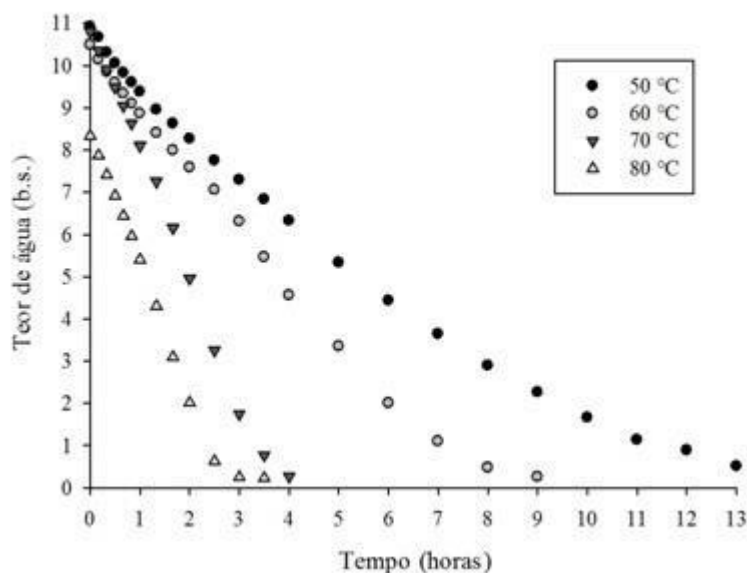


Figura 1- Curva de secagem da espuma de cajá (*Spondias mombim* L.) sob diferentes temperaturas de secagem.

Quanto maior a temperatura, menor o tempo de secagem, as curvas adquirem inclinação maior por causa da maior quantidade de calor transferido do ar para o material. A temperatura mais elevada reduz significativamente o tempo de secagem do produto, fato também verificado por Baptestini et al. (2015) na secagem da espuma de graviola e secagem da polpa de ceriguela (Furtado et al., 2010).

Com a elevação da temperatura que contribui para menor tempo de secagem, ocorre diferença entre a pressão de vapor do ar de secagem e da película líquida que separa as bolhas da espuma fazendo com que aumente com a temperatura e contribuindo para ocorrer maior desidratação em menor período (Dantas, 2010).

Através dos dados obtidos durante a secagem, os mesmos foram submetidos a diferentes equações. Os valores dos parâmetros dos modelos de Wang e Singh, Verma, Page e Midilli foram ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem da polpa de cajazinho e os coeficiente de determinação (R^2) e valores de desvio quadrático médio ajustado para as temperaturas de 50, 60 70 e 80 °C (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM), calculados para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da secagem da espuma de cajá (*Spondias mombim* L.), obtidos nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.

Modelo	Temperaturas (°C)							
	50		60		70		80	
	DQM	R^2	DQM	R^2	DQM	R^2	DQM	R^2
Wang e Singh	0,029	0,9887	0,028	0,9898	0,078	0,9449	0,070	0,9588
Verma	0,07	0,9992	0,091	0,8876	0,087	0,9303	0,079	0,9476
Page	0,042	0,9757	0,029	0,9886	0,029	0,9921	0,029	0,9929
Midilli	0,070	0,9331	0,009	0,9988	0,022	0,9956	0,021	0,9963

Dentre os modelos testados o de Page foi que apresentou melhor ajuste matemático seguido de Midilli, tendo o coeficiente de determinação (R^2) com os maiores valores e os menores de desvios quadráticos médios (DQM). Isso pode ser pela sua simplicidade de aplicação, por ser tradicionalmente o mais aceito e também recomendado na aplicação para descrever o fenômeno de secagem, assim como em diversos produtos agrícolas.

Souza et al. (2011) relataram dados parecidos da cinética de secagem da polpa de oiti, entre vários modelos testados o de Midilli seguido de Page foram os que melhores apresentaram os dados experimentais descrevendo o processo das temperaturas entre 50 a 70 °C.

Para a secagem de carambola, Santos et al. (2010) tiveram como resultado o modelo de Page que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem. O mesmo relatado por Madureira et al. (2011) na polpa do figo-da-índia e Silva et al. (2015) na secagem da polpa de achachairu em camada fina. Esse comportamento de melhor ajuste no modelo de Page pode ser justificado pelo maior número de parâmetros da equação e adição do parâmetro n na forma exponencial (Spoladore et al., 2014).

O modelo de Midilli também teve melhor ajuste na espessura de 0,5 cm entre as temperaturas de 60, 70 e 80°C de acordo com Galdino et al. (2016) na secagem de camada de espuma da polpa de atemoya. Assim, como para secagem da graviola de Baptestini et al. (2015) que justificam que o modelo é o que tem mais adequabilidade para descrever o fenômeno da secagem com o melhor ajuste de parâmetros.

Na Tabela 8, estão apresentados os valores de difusividade, que aumentaram

com a elevação da temperatura do ar de secagem o que era esperado, visto que em maiores temperaturas a remoção da água ocorre em processo mais rápido concordando com os resultados de Alves et al. (2016) ao trabalharem com secagem em camada de espuma da polpa de abacate com as mesmas temperaturas entre 50 a 80°C.

Tabela 8- Coeficiente de difusão líquida efetiva e energia de ativação.

Temperatura				
50°C	60°C	70°C	80°C	Ea (kJ mol ⁻¹)
5,18E-09	7,64E-09	18,0E-08	2,68914E-08	54,983
Def = $-3 \times 10^{-8} + 8 \times 10^{-10} \cdot T$			$R^2 = 0,9508$	

Esse comportamento crescente em que os valores do coeficiente de difusão efetivo se elevam em resposta com o aumento da temperatura do ar de secagem, é devido à difusividade constituir a velocidade com que a água migra do interior para a superfície do material sendo vaporizada (Goneli et al., 2014).

Segundo Kayacier & Singh (2004), a energia de ativação aumenta com a diminuição do teor de água do produto durante o processo de secagem. Com isso, o valor da energia de ativação encontrado, é uma média dos valores durante o processo de secagem. A média dos valores da energia de ativação encontrada foi de 54,983 kJ mol⁻¹ sendo que o valor de energia de ativação para produtos agrícolas varia de 12,7 a 110 kJ mol⁻¹, segundo Zogzas et al. (1996), e coincide com o valor encontrado neste trabalho.

A determinação do parâmetro de acidez fornece dados interessantes quanto à apreciação em relação ao estado de conservação de um produto alimentício. Em processo de decomposição, tanto por oxidação, hidrólise ou fermentação, a acidez pode influenciar na alteração de concentração desses íons de hidrogênio (BRASIL, 2005).

A acidez titulável apresentou diferenças quando analisada o pó de cajá seco a 50°C em relação aos demais tratamentos (Figura 2). Para o tratamento a 50°C o pó de cajá apresentou acidez de 1,2 g/100 g de ácido cítrico enquanto os outros tratamentos apresentaram valores entre 0,6 e 0,8 g/100 g de ácido cítrico.

De uma forma geral, os teores de acidez não excedem 1,5 a 2,0%, apenas o limão com valor acima de 3,0%, no entanto alguns outros frutos podem apresentar

acidez muito baixa (Franco, 1998).

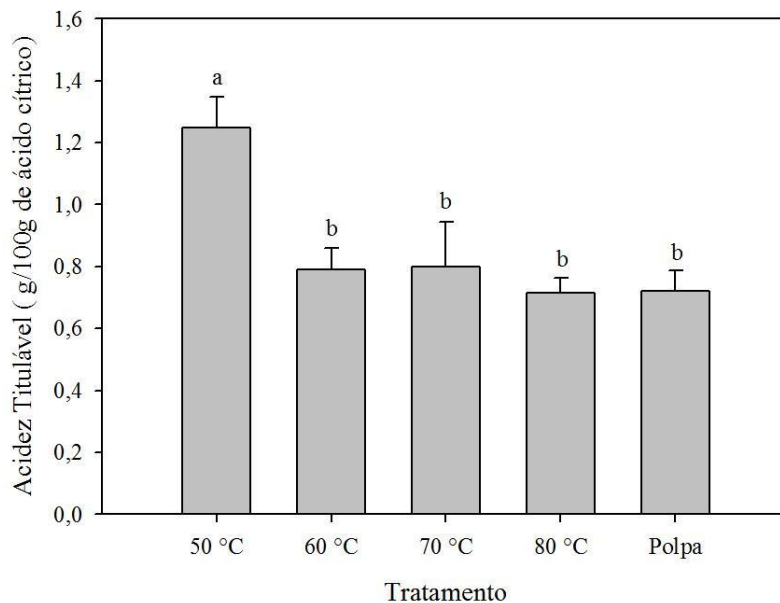


Figura 2 – Média e desvio padrão da acidez titulável total dos pós de cajá seco em distintas temperaturas e polpa de cajá.

Durante a secagem por espuma do tratamento a 50°C a exposição à temperatura por um tempo maior do que os tratamentos a 60, 70 e 80°C pode ter provocado eliminação da umidade de maneira mais efetiva, resultando em aumento na concentração das substâncias ácidas do fruto assim como observado por Zanatta et al. (2010).

Abbasi & Azizpour (2015) descreveram resultados semelhantes ao desta pesquisa, quando considerada a temperatura de secagem em espuma de 60, 70 e 80°C, além da polpa do fruto confirmando que não houve alterações consideráveis nos valores de acidez titulável.

O valor de pH interfere de maneira significativa no crescimento de microrganismos tendo maior ou menor facilidade de conservação dependente da acidez ou da alcalinidade do produto (Chitarra E Chitarra, 2005). É importante para as determinações de deterioração do alimento em relação às atividades das enzimas, retenção de sabor e odor dos produtos e escolha da embalagem (Cecchi, 2003).

O pH da polpa e do pó de cajá secos em distintas temperaturas apresentaram diferenças significativas, conforme observado na Figura 3. Mesmo com as poucas diferenças entre as temperaturas de secagem para obtenção do pó, ainda assim os resultados foram próximos comparados com a polpa do cajá. Para Rajukmar (2007)

comparando os resultados médios do pH da polpa da manga, antes e após o processo de secagem em camada de espuma, verificou pequena redução em torno de 0,007%.

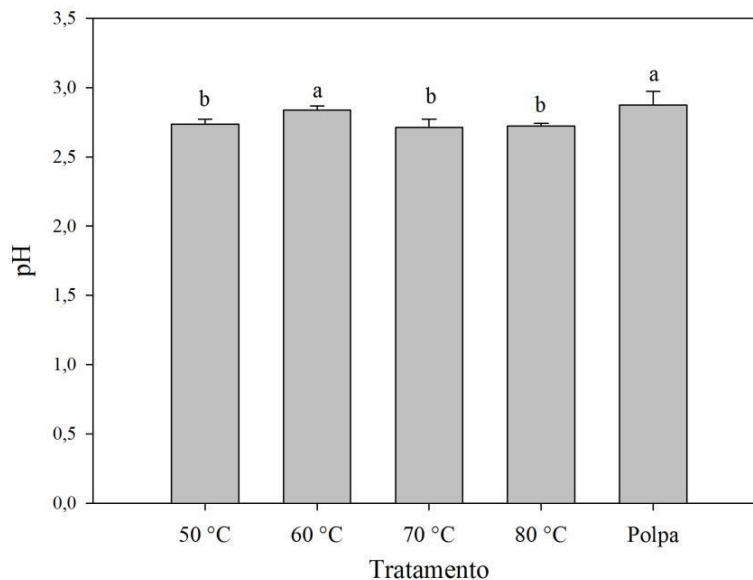


Figura 3 – Média e desvio padrão do teor de pH do pó de cajá seco em distintas temperaturas e polpa de cajá.

O aumento da temperatura provocou queda nos valores de pH, com exceção da temperatura de 60 °C, assim como relatado por Abbasi & Azizpour (2015) em secagem por espuma de frutos de cereja. Falade & Okocha (2010) relataram resultados semelhantes no caso do efeito da temperatura de secagem sobre o pH do pó de plátano produzido pelo método de secagem da esteira espumosa.

O processo de desidratação por camada de espuma provocou aumento na quantificação de sólidos solúveis quando comparado à polpa de cajá. Essa característica se deve a adição do agente espumante que provoca concentração de substâncias sólidas conforme a umidade diminui (Figura 4). O teor de sólidos solúveis apresentou maior valor para o tratamento a 60°C e contribui para afirmar que a maior eliminação de água foi para esta situação confirmando o alto teor de pH e baixa quantificação de ácidos tituláveis.

Os resultados de valores de sólidos solúveis são de grande importância, mas deve atentar-se para o aumento de valores, podendo promover alterações sensoriais e nutricionais no produto final. Para análise de sólidos solúveis constituem

principalmente os açúcares e ácidos orgânicos responsáveis pelo sabor e aceitação sensorial (Lima, 2011).

O tratamento a 80°C demonstrou menor concentração de sólidos solúveis podendo indicar que a temperatura maior a secagem da polpa ocorre de maneira mais rápida evitando que a umidade seja retirada por completo e de forma efetiva (Figura 4). O aumento no teor de sólidos solúveis foi relatado para a secagem em camada de espuma em frutos de jenipapo e araçá-boi quando usado o aditivo emustab (Pinto, 2009; Soares, 2009).

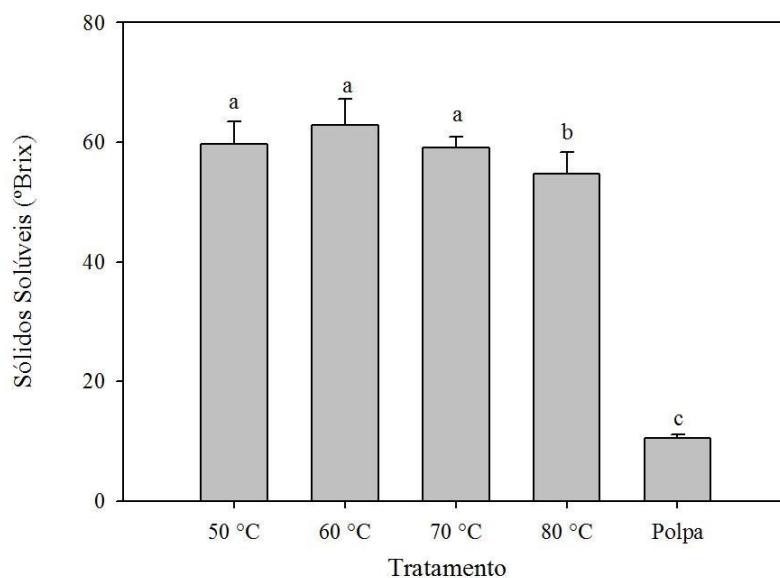


Figura 4 – Média e desvio padrão do teor de sólidos solúveis do pó de cajá seco em distintas temperaturas e polpa de cajá.

A Figura 5 indica o teor de vitamina C do pó e polpa de cajá em diferentes tratamentos. Houve diferenças e o maior teor de ácido ascórbico foi determinado para a secagem em espuma a 80°C pela concentração das substâncias presente na polpa de cajá.

O ácido ascórbico é uma das vitaminas que possui grande sensibilidade ao aquecimento, durante o processo de secagem esta substância pode ser destruída. A desidratação em temperaturas mais altas, acima de 80 °C pode contribuir com a inativação de algumas enzimas oxidativas (e.g. ácido ascórbico oxidase) e assim colaborando com a degradação do ácido ascórbico (Maharaj & Sankat, 1996).

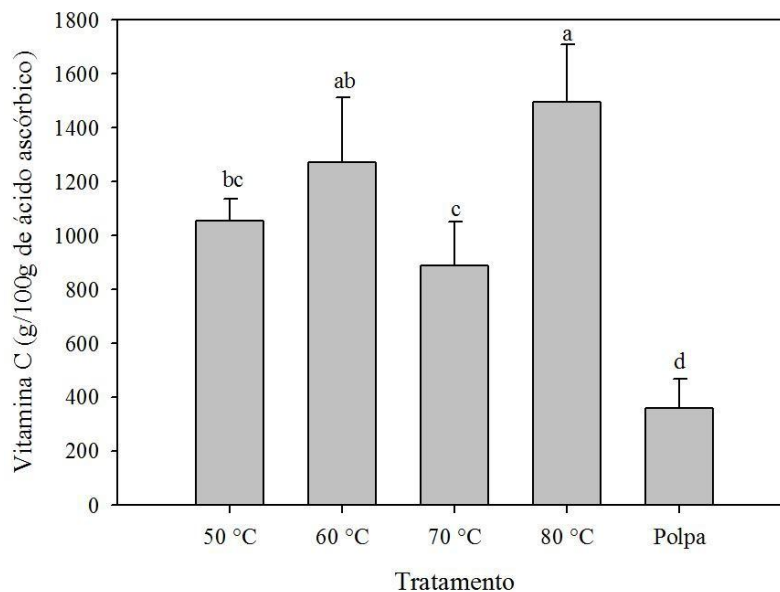


Figura 5 – Média e desvio padrão do teor de vitamina C do pó de cajá seco em distintas temperaturas e polpa de cajá.

Estes mesmos resultados foram relatados por Silva et al. (2008) na desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. Foram realizadas as mesmas temperaturas de secagem (50, 60, 70 e 80°C) e houve as mesmas variações durante a secagem, diminuindo e aumentando os valores durante o processo e a temperatura de 80°C foi o que obteve o maior teor de vitamina C.

A exposição por um período de tempo maior para os tratamentos a 50, 60 e 70°C podem ter provocado a exposição da vitamina C a umidade, luz e oxigênio provocando a degradação da substância que ocorre pela natureza sensível de calor da molécula de ácido ascórbico (Fernandes et al., 2014). Houve declínios em secagem de batata e cebola submetida a diferentes tratamentos de temperatura (Mehta et al., 2007; Kadam et al., 2009).

O índice de solubilidade em água indicou que com o aumento da temperatura diminui-se a solubilidade do pó de cajá, produzido por secagem em espuma resultado da desidratação. E na menor temperatura, como a de 50°C, a solubilidade do pó é maior por ainda conter moléculas de água em sua composição contribuindo para a desidratação do produto (Figura 6). O coeficiente de determinação indicou bom ajuste da reta às condições do experimento pelo valor de 0,9397 e demonstrou que com o aumento da temperatura há decréscimo na solubilidade do pó de cajá.

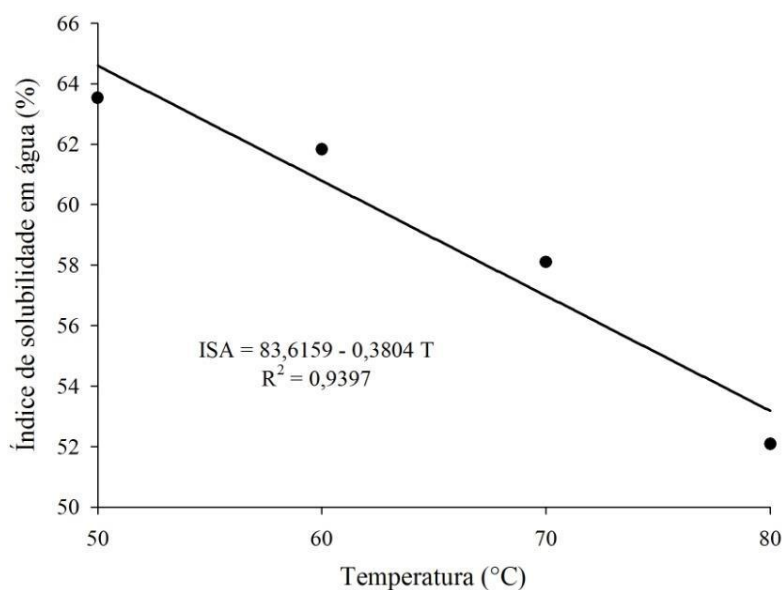


Figura 6 – Índice de solubilidade em água do pó de cajá (*Spondias mombim* L.) seco em distintas temperaturas.

A solubilidade é o critério mais confiável para avaliar o comportamento do pó em solução aquosa. A adição de emulsificantes em combinação com secagem de camada de espuma faz com que ocorra a porosidade das amostras em consequência da incorporação de ar durante a etapa de mistura e formação da espuma (Cruz, 2013).

A tendência a aglomeração das partículas durante o teste de solubilidade para a secagem por espuma analisada por Queck et al. (2007) contribuiu para que os sumos de melancia secos em menores temperaturas tivessem maior taxa de solubilidade em água. Conforme Nadeem et al. (2011) quanto mais estável for o processo de secagem mais bolhas serão formadas na camada de espuma que contribui para a porosidade e aumento da solubilidade do pó em água.

A cor característica da polpa de cajá é um tom de amarelo escuro, intensificando para a cor alaranjada, pode-se induzir que o grupo de pigmentos principais que estão presentes na polpa sejam os carotenoides, e sua conservação ou perda percentual durante algum processamento depende de uma série de fatores, como a transmissão de luz do material de embalagem, a atividade de água e a temperatura causando perdas desses pigmentos e alteração a mudança de cor (Azeredo, 2004).

Observa-se na tabela 9, que em comparação com a polpa pura e as diferentes temperaturas, todos os parâmetros de luminosidade diferiram significativamente. Os resultados dos valores de acordo com o aumento das temperaturas demonstraram que

a secagem da polpa resultou em uma polpa mais escura. Batista et al. (2014), determinaram que a secagem de amostras de bananas em diversas temperaturas provocou queda no brilho e na luminosidade, assim como o ocorrido para as amostras da polpa de cajá. Frutos submetidos a processos de secagem tornam-se mais escuros devido ao escurecimento não enzimático e possíveis perdas de pigmentos (Travaglini et al., 2002).

Tabela 9 - Avaliação da cor das amostras de polpa de cajá (*Spondias mombim* L.) em pó, após o processo de secagem pelo método de camada de espuma.

Amostra	Parâmetros		
	L*	a*	b*
Polpa in natura	91,51 ^a	4,45 ^a	23,70 ^a
50 °C	63,02 ^c	12,61 ^b	45,40 ^d
60 °C	64,93 ^b	12,73 ^b	45,28 ^d
70 °C	45,56 ^d	16,00 ^c	42,04 ^c
80 °C	45,61 ^e	15,90 ^c	29,73 ^b

*Letras minúsculas diferem significativamente entre si.

A característica da cor verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos), representada pela coordenada de a*, mostra que em temperaturas mais elevadas há o aumento de valores positivos intensificando para a cor vermelha. Consta-se que o menor efeito das temperaturas em comparação com a polpa pura ocorreu para as menores temperaturas de 50 e 60 °C e não houve diferença significativa entre estas. Fato relatado por Medeiros (2007) na secagem por camada de espuma da mangaba, em que os valores de intensificação de vermelho foram de acordo com o aumento da temperatura. Essa diferença pode ser resultado da formação de compostos com coloração próxima a cor marrom (Reis et al., 2006).

Para a coordenada de b* variando entre amarelo ao azul, nota-se que houve variações, porém, as menores temperaturas de 50 e 60 °C não diferiram significativamente ($p \geq 0,05$), tendo os maiores valores de intensidade de amarelo. Em comparação geral com todas as temperaturas, com a elevação da temperatura de secagem da espuma da polpa de cajá obteve-se valores menores intensificando para o azul. A temperatura de 80 °C foi a que mais se aproximou da polpa *in natura*. Portanto, em maiores temperaturas poderá ocorrer a formação de pigmentos mais escuros pela alta temperatura da secagem e a ocorrência de reações de Maillard (Batista et al., 2014).

5.4. CONCLUSÃO

A secagem por espuma demonstrou ser um método eficiente, com a adição de emulsificante na matéria-prima constituiu uma área de maior superfície de secagem submetendo rapidamente a ação do calor. Para taxa do teor de água, foi observado que com a elevação da temperatura ocorre menor tempo de secagem da obtenção do pó. E entre os modelos matemáticos testados o de Page foi que melhor se ajustou aos dados experimentais. Os valores do coeficiente de difusão e da energia de ativação aumentaram, vistos que estão relacionados com o aumento da temperatura. Em diferentes condições de temperatura indicou que este parâmetro influencia diretamente na acidez titulável, pH, sólidos solúveis, vitamina C e solubilidade em água. As características da espuma seca a 60 °C foram interessantes e indicaram garantia da qualidade da polpa do cajá, e o valor de energia de ativação foi de 54,983 KJ mol⁻¹. Na análise de variância da cor houve mudanças das amostras quando comparado à polpa *in natura*, resultando em menor luminosidade, maior incidência de pontos escuros e avermelhados e variações nos pigmentos amarelos. No entanto, as melhores características do fruto foram mantidas com a secagem a 60°C sendo esta, a mais indicada.

5.5. REFERÊNCIAS

Abbasi, E., Azizpour, M. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *LWT – Food Science and Technology*, v. 68, p. 105-110, 2015.

Alves, J. J. L., Rodovalho, R. S. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa de abacate cv ‘quinta’ (*Persea americana* mill). *Revista Agrotecnologia*, v. 7, n. 1, p. 86-98, 2016.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. Official methods of Analysis. 18^a ed. 3^a rev. Washington DC USA, 2010, 1096 p.

Azeredo, H. M. C. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195p.

Baptistini, F. M., Corrêa, P. C., Junqueira, M. S., Ramos, A. M., Vanegas, J. D. B., &

Costa, C. F. Modelagem matemática da secagem de espuma de graviola. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 12, p. 1203-1208, 2015.

Batista, D. V. S., Cardoso, R. L., Godoy, R. C. B., Evangelista-Barreto, N. S. Estabilidade físico-química e microbiológica de banana passa orgânica. *Ciência Rural*, v. 44, n. 10, p. 1886-1892, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1017p.

Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., Cal-Vidal, J. Effect of carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 6, n. 1, p. 420-428, 2005.

Cecchi, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças. Lavras: Editora UFLA, 2005. 785 p.

Cruz, W. F. Obtenção da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem de espuma. Viçosa: UFV, 2013. 93p. Dissertação de mestrado, 2013.

Dantas, S. C. De M. Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat. Natal: UFRGN, 2010. 100p. Dissertação de Mestrado, 2010. 100p.

Falade, K. O., Okocha, J. O. Foam mat drying of plantain and cooking banana (*Musa* spp.). *Food and Bioprocess Technology*, v. 5, p. 1173-1180, 2010.

Fernandes, R. V. B., Queiroz, F., Botrel, D. A., Rocha, V. V., Souza, V. R., Lima, C. F. Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 3, p. 1267-1278, 2014.

Franco, G. Tabela de composição química de alimentos. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 307p.

Furtado, G. F., Silva, F. S., Porto, A. G., Santos, P. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 12, p. 9-14, 2010.

Galdino, P.O., Figueirêdo, R. M. F., Queiroz, A. J. M., Galdino, P. O. Drying kinetics of atemoya pulp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 20, n. 7, p. 672-677, 2016.

Galdino, P. O., Figueirêdo, R. M. F., Queiroz, A. J. M., Galdino, P. O. Modelamiento y simulación matemática en el secado mecánico de café pergaminho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, p. 415-427-421, 2008.

Giraldo-Zuñinga, A. D., Areválo Pinedo, A., Rodrigues, R. M., Lima, C. S. S., Feitosa, A. C. Kinetic drying experimental data and mathematical model for jackfruit (*Artocarpus integrifolia*) slices. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, v. 5, n. 2, p. 89-92, 2006.

Goneli, A. L. D., do Carmo Vieira, M., Vilhasanti, H. D. C. B., Gonçalves, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. *Pesquisa agropecuária tropical*, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014.

Janick, J., Paull, R. *The Encyclopedia of Fruit & Nuts*. CABI Publishing, Cambridge University Press: Cambridge.2008.

Kadam, D. M., Nangare, D. M., Oberoi, H. S. Influence of pretreatment on microbial load of stored dehydrated onion slices. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 44, p. 1902-1908, 2009.

Lima, M. A. C. Teor de sólidos solúveis. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_147_24112005_115227.html>. Acesso em: 20 de janeiro de 2017.

Madureira, I. A., Figueirêdo, R. M. F. de, Queiroz, A. J. de M., Silva Filho, E. D. Cinética de secagem da polpa do figo-da-índia. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 13, p. 345-354, 2011.

Medeiros, J. Secagem de polpa de mangaba em camada de espuma. Campina Grande: UFCG, 2007. 104p. Dissertação de mestrado.

Mehta, M. B.; Mehta, B.; Bapodra, A. H.; Joshi, H. D. Effect of germination and heat processing on protein, riboflavin, vit-C and niacin content in peas, cowpea, red gram and wheat. *Asian Journal of Home Science*, v. 2, n. 1-2, p. 34-38, 2007.

Melo, K. S., Figueirêdo, R. M. F., Queiroz, A. J. M., Fernandes, T. K. S.; Bezerra, M. C. T. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. *Revista Caatinga*, v. 26, n. 2, p. 10-17, 2013.

Nadeem, H. S.; Torun, M.; Özdemir, F. Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers. *LWT – Food Science and Technology*, v. 44, p. 1626-1635, 2011.

Pinto, E. G. Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leito de espuma. Itapetinga: UESB, 2009. Dissertação de mestrado.

Quek, S. Y., Chok, N. K., Swedlund, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, v. 46, p. 386-392, 2007.

Rajkumar, P., Kailappan, R., Viswanathan, R., Raghavan, G. S. V. 2007. Drying characteristic of foamed Alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. *Journal of Food Engineering*, v. 79, p. 1452-1459.

Reis, R. C., Ramos, A. M., Regazzi, A. J., Minim, V. P. R., Stringueta, P. C. Almacenamiento de mango secado: análisis fisicoquímico, microbiológico, color y

sensorial. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, v. 5, n. 3, p. 214-225, 2006.

Santos, C. T., Bonomo, R. F., Chaves, M. A., Fontan, R. C. I., Bonomo, P. Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.) em secador de bandeja. *Acta Scientiarum Technology*, v. 32, p. 309-313, 2010.

Silva, F. A. S. E., Azevedo, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: *World Congress on Computers in Agriculture*, 7,

Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

Silva, A. S., Gurjão, K. C. de O., Almeida, F. de A. C., Bruno, R. L. A., Pereira, W. E. Desidratação de polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p. 1899-1905, 2008.

Melo Silva, L. M., Sousa, F. C., Castro, D. S., Gomes, J. P., Almeida, F. D. A. C. Estudo Experimental da Secagem de Polpa de Achachairu em Camada Fina. *Gaia Scientia*, v. 9, n. 1, p. 151-155, 2015.

Soares, E. C. Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leito de espuma. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Dissertação Mestrado, 2009. 88p.

Sousa, F. C., Sousa, E. P., Silva, L. M. M., Martins, J. J. A., Gomes, J. P., Rocha, A. P. T. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem de polpa de oiti. *Revista Educação Agrícola Superior*, v. 26, p. 108-112, 2011.

Spoladore, S. F., Bissaro, C. A., Vieira, T. F., Silva, M. V., Haminiuk, C. W. I, Demczuk, B. Modelagem Matemática da Secagem de Casca de Maracujá e Influência da Temperatura na Cor, Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante. *Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos*. v. 5, n. 2, p. 163. 2014.

Tiburski, J. H., Rosenthal, A., Deliza, R., Godoy, R. L. O., Pacheco, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. *Food Research International*,

v. 44, n. 7, p. 2326-2331, 2011.

Travaglini, D. A., Aguirre, J. M., Silveira, E. T. F. Desidratação de Frutas. In: Aguirre, J. M., Gasparino Filho, J. Desidratação de frutas e hortaliças: Manual Técnico. Campinas: ITAL, 2002.

Zanatta, C. L., Schlabit, C., Ethur, M. E. Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes à comercialização. Alimentos e Nutrição, v. 21, n. 3, p. 459-468, 2010.

6. CONCLUSÃO GERAL

Diante dos resultados avaliados o acesso 2 mostrou melhor potencial sendo o mais satisfatório para atender as exigências do mercado de polpa, pelo seu alto valor de rendimento, além de outros atributos como análises de minerais e compostos fenólicos. Contudo para caracterização física e físico-química entre todos os acessos dos frutos de cajá as pequenas variações causadas pelas diferentes áreas de colheita, no geral, os resultados estão dentro do citado na literatura. Para o método de secagem na camada de espuma do ajuste da cinética de secagem o modelo de Page mostrou os melhores coeficientes de determinação (R^2). As características físico-químicas apresentaram melhor resultado para o pó seco a temperatura de 60 °C sendo mais interessante indicando garantia de qualidade da polpa de cajá. Diante do exposto pode-se concluir que há grande potencial nutricional desses frutos de cajá e sua polpa pode ser valorizada para melhor aproveitamento satisfatório através do método de secagem em camada de espuma mantendo características próximas a polpa *in natura*.