



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIENCIAS E SUAS TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUIMICA INDUSTRIAL**

MYLENA MARIA DIAS DE OLIVEIRA SILVA

SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA DA POLPA DE UMBÚ-CAJÁ

CAMPINA GRANDE – PB

2018

MYLENA MARIA DIAS DE OLIVEIRA SILVA
SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA DA POLPA DE UMBÚ-CAJÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual da
Paraíba – UEPB, como requisito parcial à
obtenção do Título de Bacharelado em
Química Industrial, sob orientação da Prof.
Dra. Pablícia Oliveira Galdino.

CAMPINA GRANDE – PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586s Silva, Mylena Maria Dias de Oliveira.
Secagem em camada de espuma da polpa de umbu-cajá
[manuscrito] / Mylena Maria Dias de Oliveira Silva. - 2018.
58 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação : Profa. Dra. Pablicia Oliveira Galdino, Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."
1. Química do alimento. 2. Frutas sazonal. 3. Qualidade físico-química. 4. Pó de umbu cajá. I. Título
21. ed. CDD 575.67

MYLENA MARIA DIAS DE OLIVEIRA SILVA

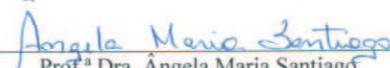
SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA DA POLA DE UMBÚ-CAJÁ

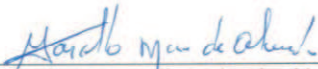
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharelado em química Industrial.

Aprovada em: 06/12/2015.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dra. Pablicia Oliveira Galdino (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof.^a Dra. Angela Maria Santiago
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Marcelo Maia Almeida
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Dedico este trabalho aos meus pais,
José Ronildo da Silva (*in memoriam*)
e Girlane Dias de Oliveira(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que sempre estiveram no meu coração e por eles sempre tive forças para continuar.

À minha família, por todo apoio e compreensão, por estarem comigo em todas as dificuldades enfrentadas durante todo este percurso, por sempre acreditarem em meus esforços e decisões.

À minha orientadora, Dra. Pablícia Galdino, por todo conhecimento e ensinamentos compartilhados durante a iniciação científica e elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso.

À banca examinadora: Dra. Ângela Santiago e Dr. Marcello Maia, pelas correções, conselhos e valiosas contribuições na finalização deste trabalho.

À amizade que construí na iniciação científica, Josinaldo Ferreira, que participou grandemente na construção deste trabalho e a quem sou extremamente grata por todas as ajudas no laboratório.

Aos grandes amigos que fiz no curso, em especial, Bruno Henrique e Lisandra Gomes.

Às minhas amigas da vida, Andreia Freitas, Camilla Oliveira, Érika Daniela, Fernanda Albuquerque, Joyce Natielle, Karinna Soares, Marcela Avellar, Monaliza Layse, Mylena Torres, Nilainy Macêdo e Vanessa Rocha.

Aos meus pais, que sempre estiveram no meu coração e sei que sempre cuidaram e me deram forças para continuar.

RESUMO

As *Spondias* são frutas sazonais, que são disponibilizadas no comércio por um período de três meses por ano e que tem uma grande importância econômica pelas características de seus frutos. Essa pesquisa tem como objetivo produzir o pó de umbú-cajá pelo processo de secagem em camada de espuma (foam mat drying) a partir de sete experimentos e secagens feitas a 60 °C. A polpa do umbú-cajá *in natura* foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos: pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), teor de água, cinzas, fibras, ácido ascórbico, açúcares redutores e não redutores, açúcares totais. Foi realizado um planejamento experimental fatorial $2^2 + 3$ pontos centrais, tendo como variáveis independentes, a concentração de albumina (5,0; 7,5 e 10,0g) e o tempo (1, 2 e 3 minutos), sendo avaliado o parâmetro de densidade, de 0,1 a 0,6 g/cm³. Todas as condições de concentração de albumina e tempo encontrados foram consideradas boas nas espumas, sendo caracterizadas aos parâmetros físico-químicos, tendo melhores resultados para: teor de água, cinzas, fibras, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e vitamina C. A secagem em camada de espuma (foam mat drying) foi realizada em secador de bandejas na temperatura de 60°C. Os dados experimentais obtidos proporcionaram a avaliação das curvas de secagem, às quais foram ajustadas aos modelos de Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, o experimento 3 foi o que melhor se ajustou aos três modelos matemáticos, respectivamente, para R²: 0,9996, 0,9971 e 0,9973; e para o DQM: 0,0166, 0,0323 e 3,31x10⁻⁶. A caracterização física dos pós quanto aos parâmetros de insolubilidade, molhabilidade, tempo de reconstituição, tempo de reconstituição, ângulo de repouso e rendimento; foi realizada para selecionar a melhor amostra. As espumas secas com a concentração de albumina de 5,0g, e no tempo de 1 minuto, quanto com o tempo de 3 minutos, nesta ordem, experimento 1 e 3, foram consideradas as melhores amostras, por obterem melhores valores, respectivamente, de 49,19 e 48,89% para insolubilidade e de 0,2502 e 0,2501g/min para molhabilidade e obtiveram resultados semelhantes de °Brix, teor de água, cinzas, fibras, açúcares redutores, não-redutores, açúcares totais, ácido ascórbico, insolubilidade, molhabilidade e tempo de escoamento.

Palavras-chaves: umbú-cajá, espuma, secagem.

ABSTRACT

The Spondias are seasonal fruits, which were made available only three months a year and have great importance throughout their fruits. The aim of this research is to create a dry drying process at 60 ° C. Inbuilt pulp of the natural umbu-cajá with chemical characteristics: pH, total titratable acidity, total soluble solids (° Brix), water, ash, fiber, ascorbic acid, reducing and non-reducing sugars, total sugars. It was a factorial experimental design with 22 +3 central points, having as independence, a concentration of albumin (5.0, 7.5 and 10.0g) and time (1, 2 and 3 minutes), the term being the parameter of density, from 0.1 to 0.6 g / cm³. The results of this study are based on the results of the literature on the physical properties of alcohol, as well as on the physical properties of water, ashes, fibers, sugars, reducing sugars, and vitamin C. The drying of the foam layer was performed at 60 ° C. The experimental data resulted in the evaluation of the drying curves, in which the models of Page, Henderson & Pabis and Logarítmico were corrected, experiment 3 was the one that better adjusted the mathematical models, respectively, for R²: 0,9996, 0,9971 and 0.9973; and for DQM: 0.0166, 0.0323 and 3.31x10⁻⁶. Physical characterization of insolubility parameters, reconstitution time, reconstitution rhythm, rest angle and yield; was performed to select the best sample. Dry foams with an albumin concentration of 5.0g, not time of 1 minute, as well as time of 3 minutes, in this order, experiments 1 and 3, were the best samples, respectively, for receiving better values of 49.19 and 48.89% for insolubility and 0.2502 and 0.2501g / min for wettability and results with even numbers of Brix, water content, ash, fiber, reducing, non-reducing sugars, total sugars, acid ascorbic acid, insolubility, wettability and runoff time.

Keywords: umbu-cajá, foam, drying.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo esquemático da secagem por <i>foam-mat</i>	16
Figura 2 - Etapas das etapas realizadas para a obtenção da polpa de umbu-cajá integral..	19
Figura 3 – Diagramas de pareto para densidade	29
Figura 4 – Diagramas de pareto para teor de cinzas	30
Figura 5 – Diagramas de pareto para teor de fibras	30
Figura 6 – Diagramas de pareto para açúcares totais	31
Figura 7 – Diagramas de pareto para açúcares redutores	31
Figura 8 – Diagramas de pareto para açúcares não redutores	32
Figura 9 – Diagramas de pareto para ácido ascórbico	32
Figura 10 – Superfície de resposta da densidade das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.	35
Figura 11 – Superfície de resposta dos açúcares totais das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.	36
Figura 12 – Superfície de resposta do teor de fibras das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.	37
Figura 13 – Superfície de resposta dos açúcares redutores das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.	38
Figura 14 – Superfície de resposta dos açúcares não-redutores das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.	39
Figura 15 – Superfície de resposta do ácido ascórbico das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.	40
Figura 16 – Curva de contorno do densidade na região otimizada do planejamento.....	41
Figura 17 – Curva de contorno do teor de fibras na região otimizada do planejamento.....	41
Figura 18 – Curva de contorno dos açúcares totais na região otimizada do planejamento.....	42
Figura 19 – Curva de contorno dos açúcares redutores na região otimizada do planejamento.	42

Figura 20 – Curva de contorno do açúcares não redutores na região otimizada do planejamento.....	43
Figura 21 – Curva de contorno do ácido ascórbico na região otimizada do planejamento.....	43
Figura 22 – Curvas de secagem das espumas de umbu-cajá com diferentes concentrações de albumina e tempo de secagem nos experimentos do planejamento fatorial.	45
Figura 23 - Curvas de secagem da espuma de umbu-cajá no ensaio 3 do planejamento fatorial pelo modelo Page.	48
Figura 24 - Curvas de secagem da espuma de umbu-cajá no ensaio 3 do planejamento fatorial pelo modelo Henderson & Pabis.	48
Figura 25 - Curvas de secagem da espuma de umbu-cajá no ensaio 3 do planejamento fatorial pelo modelo Logarítmico.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de planejamento fatorial 2^2 e 3 repetições no ponto central para a elaboração das suspensões.	21
Tabela 2 - Caracterização física, química e físico-química da polpa de umbu-cajá <i>in natura</i>	26
Tabela 3 – Resultados dos experimentos de caracterizações das espumas da polpa de umbú-cajá em função da albumina e do tempo.	28
Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA) dos modelos ajustados para as variáveis de resposta	34
Tabela 5 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) do modelo de Page ajustados às curvas de secagem para a temperatura de 60°C avaliada na espuma do umbu-cajá.	46
Tabela 6 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) do modelo de Henderson & Pabis ajustados às curvas de secagem para a temperatura de 60°C avaliada na espuma do umbú-cajá.	46
Tabela 7 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) do modelo de Logarítmico ajustados às curvas de secagem para a temperatura de 60°C avaliada na espuma do umbú-cajá.	47
Tabela 8 - Caracterização física, química e físico-química dos pós de umbu-cajá.	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Umbu-cajá	16
3.2 Secagem	16
3.2.1 Secagem em Camada de Espuma	17
3.3 Atributos de qualidade em alimentos em pó	19
4. METODOLOGIA	21
4.1 Matéria-prima	21
4.2 Processamento do Umbú-Cajá	21
4.2.1 Caracterização física, química e físico-química da polpa integral	22
4.3 Planejamento experimental para a elaboração das suspensões	22
4.3.1 Secagem em camada de espuma	23
4.3.1.2 Molhabilidade	24
4.3.1.3 Tempo de Reconstituição	24
4.3.1.4 Tempo de Escoamento	25
4.3.1.5 Ângulo de Repouso	25
4.3.1.6 Rendimento	25
4.3.2 Cinética de secagem	25
4.4 Seleção do melhor pó	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Caracterização física, química e físico-química do produto <i>in natura</i>	28
5.2 Planejamento Experimental Fatorial	29
5.3 Condiçãoção ótima de espuma	42
5.4 Secagem convectiva	46
5.4.1 Cinética de Secagem	46

5.4.2 Modelos Matemáticos.....	47
5.5 Caracterizações física, química e físico-química dos pós	51
6. CONCLUSÕES	56
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>57</u>

1. INTRODUÇÃO

A umbu-cajazeira (*Spondias tuberosa X S. mombin*) é uma frutífera nativa do Semiárido brasileiro, ainda em fase de domesticação, cujos frutos apresentam excelentes perspectivas de aproveitamento comercial (SANTANA et al., 2011). Após a colheita, realizada predominantemente do solo, os frutos são comercializados em feiras livres, quitandas ou supermercados, e em alguns casos, comercializados em péssimas condições, já fermentados e atacados por insetos, não demonstrando o real potencial econômico desta fruteira. O ponto de colheita e o estágio de desenvolvimento dos frutos no momento da colheita tem influência na qualidade do fruto maduro. Quando os frutos são colhidos verdes ou fisiologicamente imaturos, não amadurecem, enrugam e apresentam exsudação da seiva, ou quando o amadurecimento ocorre, a qualidade dos frutos é prejudicada. Os frutos colhidos muito maduros deterioram-se rapidamente, não podendo ser armazenados e/ou comercializados em locais distantes (SILVA et al., 2009).

O alto teor de água é o principal problema para a deterioração que afeta o fruto e sua comercialização, requerendo a introdução de técnicas de conservação que retardem esses fatores garantindo, portanto, maior período de tempo para distribuição.

Dentre os diversos métodos de conservação de alimentos pode-se destacar a secagem, por se tratar de uma das tecnologias pós-colheita mais utilizadas para solucionar problemas tais como a superprodução/excesso de oferta e a alta perecibilidade de frutas e hortaliças (CHONG e LAW, 2011). A polpa de fruta na forma de pó obtida por métodos de secagem é uma alternativa para solucionar problemas relacionados com a sua estabilidade, visto que a secagem aumenta, por meio da redução da atividade de água, mantendo-se sem deterioração ao longo do armazenamento e também durante o transporte (KOROISHI et al., 2009; CHEN e MUJUMDAR, 2008).

Um método alternativo de secagem para a produção de produtos alimentícios em pó é a secagem em camada de espuma (*foam mat drying*). Este processo também ajuda a preservar os nutrientes da polpa por tempo prolongado e logo após a desidratação, em que o pó pode ser reconstituído em suco e/ou usado como ingrediente para preparação de bebidas e alimentos (KADAM et al., 2010). Assim mantendo a qualidade do fruto, que de outra forma de secagem poderia ter maiores perdas de nutrientes.

As frutas perecíveis são cada vez mais transformadas em pó pelas indústrias de alimentos, por aumentar a vida útil do produto e diminuir significativamente os custos de embalagens, transporte e armazenamento (SANTOS et al., 2012).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Produzir a polpa de umbú-cajá em pó pelo processo de secagem em camada de espuma (foam mat drying)

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a polpa integral de umbu-cajá quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;
- Utilizar a matriz de planejamento fatorial para avaliar a influência das variáveis de entrada (concentração de albumina e tempo de batimento) sobre as variáveis de respostas (caracterização física, química e físico-química), para a escolha da melhor condição de elaboração da emulsão;
- Realizar o estudo da cinética de secagem nas diferentes emulsões em estufa com circulação de ar na temperatura de 60°C;
- Caracterizar os produtos em pó segundo os parâmetros físicos, químicos e físico-químicos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Umbu-cajá

O umbu-cajá com nome científico de *Spondias tuberosa* X *Spondias mombin* provém da umbu-cajazeira pertencente da família *Anacardiaceae*, que ocorre no Brasil com 15 gêneros e cerca de 70 espécies, e do gênero das *Spondias*, sendo seis espécies do gênero de umbu-cajá (OLIVEIRA et al., 2014). A umbu-cajazeira é uma fruteira nativa do semiárido brasileiro, encontrada na região Nordeste.

O umbu-cajá é um fruto menos exigente em relação ao seu crescimento, o que torna o seu cultivo mais atraente em locais secos, sendo assim, é considerado um fruto tropical e de grande interesse dos consumidores e indústrias (SOUSA et al.; 2017). Sendo o fruto explorado economicamente ao natural, polpa, licor e sorvete, ou seja, são amplamente consumidos frescos ou processados (DE CARVALHO et al.; 2008). Uma alternativa de industrialização desse fruto é através do processamento de geleias (DE OLIVEIRA et al.; 2013).

Há uma grande exigência pelo fruto e seus produtos, mas por ser sazonal tem-se uma vida útil curta, assim, sendo preciso um processo para lhe dar mais tempo de vida (OLIVEIRA et al.; 2014).

Segundo Santos et al. 2010, os frutos de umbu-cajá apresentam tamanho grande, com mais de 60% de rendimento de polpa, o valor de pH aproximadamente 2,2; pois, valores maiores, ou seja, frutos menos ácidos, são melhores para serem consumidos *in natura* e não utilizadas para armazená-las e reprocessá-las, por favorecerem o desenvolvimento de microrganismos. Ele também afirma que a concentração dos sólidos solúveis varia entre os frutos por conta dos fatores ambientais e genéticos; o umbu-cajá tem valores razoáveis para açúcares, acidez, fibras, vitamina C e minerais.

O teor de vitamina C tem poder de antioxidante, assim sendo de grande importância nutricional, os minerais também tem grande importância nutricional, sendo representantes de 4% dos tecidos de um adulto (SANTOS et al. 2010).

3.2 Secagem

A secagem de frutas é um ótimo método de conservação para aumentar a vida útil e facilitar na comercialização desses alimentos (MOREIRA et al., 2013). A secagem tem

importância fundamental para os modelos matemáticos, sendo muito utilizada em análises de transferência de calor e massa (DE FARIA et al., 2012).

A secagem é uma operação unitária muito importante para uma variedade de produtos de origem vegetal e animal. Há vários tipos de secagem, dentre eles:

A secagem por atomização é um processo interessante para a indústria na produção do alimento em pó, sendo o equipamento de fácil manuseio e rápido processo (TONON, 2013). É realizado em um equipamento chamado spray dryer e consiste na ação de pulverizar o líquido, com o contato do produto pulverizado com ar quente, em seguida a evaporação da água e por último a separação do ar da secagem do produto em pó.

A liofilização é feita por meio do congelamento, em seguida é submetido a vácuo, assim a água é retirada por sublimação (VIEIRA et al., 2012). É um processo muito adequado para preservação, por conservar o produto, estabilizar os componentes nutricionais e ter a disponibilidade do produto durante o ano todo.

A desidratação osmótica nada mais é do que a submersão da fruta em uma solução de sacarose. Pela razão dessa desidratação não retirar toda a água da fruta, ela é utilizada como uma etapa antes de uma secagem convectiva (ALVES et al.; 2013). Sendo um processo de um produto utilizado para reduzir parcialmente o teor de água e a atividade de água, garantido maior estabilidade nutricional e sensorial do alimento, conservado com maior qualidade, durante os processos subsequentes, como a secagem.

3.2.1 Secagem em Camada de Espuma

Secagem em camada de espuma (foam-mat drying) é a formação da espuma de um alimento líquido ou pastoso e desidratado com a utilização de ar quente, esse método vem sendo muito utilizado, por usar baixa temperatura e curto tempo de secagem (GURGEL 2014).

A Figura 1 apresenta um modelo esquemático do mecanismo de secagem em camada de espuma (*foam-mat*). O esquema mostra que primeiramente ocorre a formação da espuma, onde é exposta a corrente de ar quente e é seca rapidamente, com o movimento da umidade causado pelas forças capilares, as bolhas se separam da espuma através da película líquida (DANTAS et al., 2010).

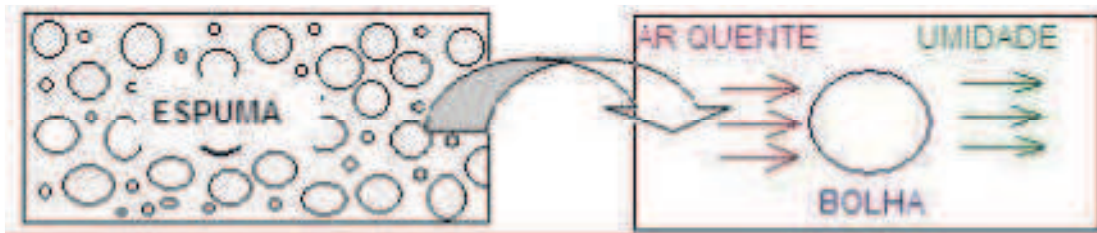


Figura 1 - Modelo esquemático da secagem por *foam-mat*
 Fonte: Dantas et al. (2010)

Essa técnica precisa de tempo e temperatura menores, comparadas com outros métodos de secagem, pelo fato de ter maior área de superfície exposta ao ar quente, sendo obtido um produto de fácil reidratação (ARAÚJO et al., 2016)

O método de secagem em camada de espuma é basicamente a mudança da consistência do líquido ou polpa em espuma. Para a formação desta é utilizado aditivos espumantes (agentes espessantes, emulsificantes ou estabilizantes), em seguida a espuma passa pelo processo de secagem, assim obtendo-se o pó. Os aditivos tem a capacidade de formar a emulsão e mantê-la estável.

Os espessantes atuam aumentando a viscosidade da emulsão, dando o chamado “corpo” (DANTAS, 2010). Os emulsificantes ajudam no aumento da estabilidade da emulsão e os estabilizantes, assim como os espessantes, aumentam a viscosidade da emulsão, uniformizando a formação da espuma durante a agitação (GURGEL, 2014).

A pitanga foi produzida pelo método de secagem em camada de espuma *foam-mat* à 70°C em estufa com circulação de ar (0,5 m/s) por Alexandre et al. (2015), com o objetivo de armazenar a polpa em pó da pitanga. O pó foi armazenado em embalagem flexível e armazenada a umidade ambiente durante 60 dias. Estes autores observaram durante 10 dias o teor de umidade, ácido ascórbico, acidez titulável, açúcares redutores, açúcares não redutores, açúcares totais e os parâmetros de cor, apenas os açúcares redutores não apresentaram diferenças estatísticas, já os demais parâmetros analisados, exceto: pH, açúcares redutores e cor, variaram pouco ao longo dos 60 dias.

Breda et al. (2013), desidrataram pelo método *foam mat* a polpa de cajamanga, utilizando pectina cítrica, Emustab e Super Liga Neutra, através da agitação do dispersor mecânico a 7000 rpm, durante 20 minutos, em seguida a espuma foi colocada em bandejas de aço inoxidável em camada de 0,5 cm e colocado em secador convectivo com circulação de ar a 70°C e velocidade de ar quente de 0,5 m/s por 4 horas, nessa condição foi obtido um produto com 10% de umidade. Foi analisado o teor de ácido ascórbico na polpa fresca e nas polpas desidratadas, a adição dos aditivos favoreceu no aumento dos açúcares e fibras, e

ajudaram na retenção do ácido ascórbico, principalmente na polpa desidratada que foi utilizada 1,5% de Emustab e 1,0% de pectina, que mostrou a maior retenção de ácido ascórbico, sendo de 28,55%.

3.3 Atributos de qualidade em alimentos em pó

Os alimentos em pó estão cada vez mais em procura no mercado, por serem mais rápidos e práticos para consumir. Além de proporcionar que os consumidores tenham frutas sazonais a qualquer dia do ano e também em qualquer lugar do mundo, independente se aquela região produza ou não a fruta.

Nos pós, alguns fatores são muito importantes, como: molhabilidade, solubilidade e tempo de reconstituição.

A molhabilidade é muito importante no alimento desidratado, pois determina a qualidade do pó. Assim, o pó que não tenha boa molhabilidade vai causar aglomerações e granulações, sendo então responsável pela dispersibilidade, solubilidade, tempo de escoamento e ângulo de repouso (MATTOS, 2012).

Oliveira et al. (2015) trabalharam a estabilidade do fruto do mandacaru em pó, foi utilizado 10% de maltodextrina nas dextroses equivalentes, sendo armazenado o pó em embalagens laminadas durante 50 dias à temperatura ambiente, e a cada 10 dias foram realizadas as análises de: teor de água, atividade de água, acidez total titulável, ácido ascórbico, cor e molhabilidade. A molhabilidade do pó foi melhor quando ocorreu a redução do ácido ascórbico e com o aumento do teor de água das amostras, assim, facilitando a penetração da água e aumentando o poder de reconstituição.

A polpa de atemoia foi desidratada por Sousa et al. (2015), as quais utilizaram 50% da polpa, 50% de água destilada e 25% de maltodextrina e obtiveram uma amostra de pó da câmara de secagem e outra amostra do ciclone. Feitas as análises, perceberam que a amostra coletada na câmara de secagem, apresentou maior teor de água, pH, ácido ascórbico, cinzas, açúcares redutores, proteínas e menor atividade de água, além disso a amostra de pó da câmara de secagem apresentou maior porosidade, sendo essa amostra é mais solúvel, com 20,01% de solubilidade, ao contrário de 20,38% de solubilidade da amostra do ciclone.

Gurgel (2014) estudou a desidratação da polpa de graviola pelo método de secagem em camada de espuma, nas temperaturas de 50,60 e 70°C, com as espessuras de 0,30; 0,45 e 0,60 cm e com 0, 20 e 40% de leite e verificou que as características físico-químicas não sofreram alterações consideráveis na secagem em camada de espuma, porém, com a adição do leite, a

acidez diminuiu. Com a perda da acidez, diminuiu também a solubilidade do pó e aumentando o tempo de reconstituição, ou seja, a polpa em pó da graviola apresentou características adequadas de conservação, com a alta solubilidade variando de 68,43 a 86,97% e curto tempo de reconstituição (sendo de 75 a 170 segundo).

4. METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Físico-Química do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA) pertencente ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba.

4.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foram os frutos de umbú-cajá (*Spondias tuberosa*), adquiridos na feira livre do município de Campina Grande, PB, em estágio de maturação maduro.

O agente espessante utilizado, Albumina, adquirido no comércio local do município de Campina Grande – PB.

4.2 Processamento do Umbú-Cajá

Os frutos foram selecionados manualmente quanto ao estágio de maturação, eliminando-se os frutos com danos mecânicos e podridão; em seguida, foram lavados em água corrente; logo após foram sanitizados por imersão dos frutos em uma solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm, durante 10 min; posteriormente, foram enxaguados em água corrente para retirada do excesso da solução sanitizante.

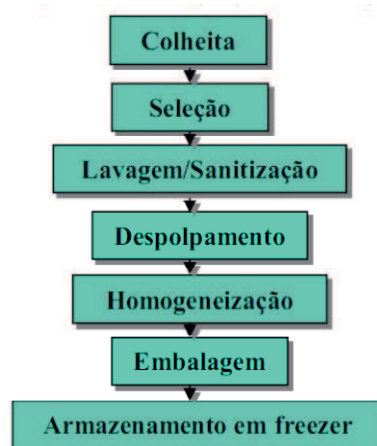


Figura 2 - Etapas realizadas para a obtenção da polpa de umbu-cajá integral.

Fonte: Própria (2018)

Os frutos foram conduzidos a uma despulpadeira mecânica, onde foi obtida a polpa

integral de umbú-cajá. O processo de embalagem foi realizado manualmente e a polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade com capacidade para 500 g; em seguida, as polpas embaladas foram armazenadas em freezer a uma temperatura de $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posterior utilização nos experimentos.

4.2.1 Caracterização física, química e físico-química da polpa integral.

A caracterização foi realizada no produto *in natura* mediante os parâmetros de: pH, determinado pelo método potenciométrico. Acidez total titulável, sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$), teor de água, cinzas, teor de água/sólidos totais, segundo a metodologia descrita por IAL (2008). As fibras foram determinadas a partir da metodologia adaptada pela Embrapa segundo Van Soest (1967). O ácido ascórbico foi determinada pela metodologia descrita por BENASSI e ANTUNES (1998). Os açúcares totais, açúcares redutores e açúcares não-redutores foram determinados pela metodologia descrita por Miler (1959).

4.3 Planejamento experimental para a elaboração das suspensões

As polpas integrais de umbú-cajá foram descongeladas até atingir a temperatura ambiente ($\approx 25\text{ }^{\circ}\text{C}$). O planejamento fatorial foi $2^2 + 3$ p.c. totalizando 7 experimentos, tabela 1, em diferentes concentrações de Albumina (5,0; 7,5 e 10,0%) e diferentes tempos de batimento (1, 2 e 3 min). O objetivo deste planejamento foi avaliar a influência das variáveis de entrada (independentes) concentração de albumina e tempo de batimento, sobre as variáveis de resposta (dependentes): teor de água/sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares não- redutores, açúcares totais e açúcares redutores, fibra bruta e fibra em digestão ácida, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) e massa específica, segundo as metodologias descritas nos itens 4.2.1.

Tabela 1 – Matriz de planejamento fatorial 2^2 e 3 repetições no ponto central para a elaboração das suspensões.

Experimento	Albumina (g)	Tempo (min.)
1	-1 (5,0)	-1 (01)
2	+1 (10,0)	-1 (01)
3	-1 (5,0)	+1 (03)
4	+1 (10,0)	+1 (03)
5	0 (7,5)	0 (02)
6	0 (7,5)	0 (02)
7	0 (7,5)	0 (02)

Fonte: Própria (2018)

4.3.1 Secagem em camada de espuma

A secagem das suspensões de polpa de umbú-cajá com diferentes concentrações de albumina com diferentes tempos de batimento foi realizada de acordo com a Tabela 1. A secagem foi realizada em estufa com circulação de ar na temperatura de 60°C até atingirem peso constante. Após a secagem, o produto seco foi retirado das bandejas, triturado e homogeneizado em liquidificador doméstico para obtenção do produto em pó; na sequência, este pó foi acondicionado em embalagens laminadas. Os pós foram caracterizados quanto aos parâmetros de: teor de água/sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares não-redutores, açúcares totais e açúcares redutores, fibra bruta e fibra em digestão ácida, pH, acidez titulável e sólidos solúveis totais (°Brix), seguindo as metodologias citadas no item 4.2.1, como também foi realizada a caracterização física quanto aos parâmetros de insolubilidade, molhabilidade, tempo de reconstituição, tempo de escoamento, ângulo de repouso e rendimento.

4.3.1.1 Insolubilidade

A análise de insolubilidade foi baseada na determinação da porcentagem de material não solubilizado em um minuto de agitação. Utilizado o método de Dacanal (2005) foi pesado 1 g da amostra e adicionados 50 mL de água destilada, a temperatura ambiente, em um béquer de 100 mL. A mistura foi agitada com um agitador magnético e exatamente após 1 min de agitação foi feita a filtração a vácuo, com papel de filtro. O papel de filtro com o material retido foi secado em estufa, a temperatura de 60 °C, por 24 horas. A massa seca da amostra

retida no papel de filtro foi determinada e o percentual de material não solubilizado (Insol.) sendo calculado utilizando-se a equação:

$$Insol. = \frac{m_2 (1 + Xbs)}{m_1} * 100$$

Em que:

Insol – insolubilidade (%);

m_1 – massa inicial da amostra (g);

m_2 – massa de amostra remanescente no papel de filtro (g) Xbs – teor de água da amostra em base seca.

4.3.1.2 Molhabilidade

Para se determinar a molhabilidade da umbu-cajá em pó foi aplicado o método de SCHUBERT, em que cerca de 1g da amostra foi colocado em um béquer de 250 ml com 100 ml de água, a temperatura ambiente. O tempo necessário para o completo desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso foi cronometrado. O cálculo da taxa de molhabilidade foi feito através da equação:

$$Tm = \frac{N}{t}$$

Em que:

Tm – taxa de molhabilidade N – peso da amostra (g);

t – tempo (min).

4.3.1.3 Tempo de Reconstituição

As características de reconstituição foram determinadas colocando-se 1g da amostra (em duplicata) em um tubo de ensaio, acrescido de 5ml de água destilada. O tubo de ensaio foi levado a um agitador de tubos; a cada 15 segundos o procedimento foi interrompido e se verificou se ocorreu a total dispersão do pó; o tempo necessário para atingir tal condição foi considerado como de reconstituição.

4.3.1.4 Tempo de Escoamento

Com vista à determinação do tempo de escoamento, foi utilizado um funil cuja abertura de saída era vedada; depois de cheio com a amostra o funil teve sua vedação retirada e, em seguida, iniciou-se a contagem de tempo até que todo o material escoasse; o tempo necessário para que o processo se completasse, foi considerado o tempo de escoamento.

4.3.1.5 Ângulo de Repouso

Para a determinação do ângulo de repouso foi utilizada a seguinte metodologia: na pilha de pó escoado do funil, formada na placa de recolhimento da determinação anterior, foram medidos o diâmetro (D) da pilha e sua altura (h), obtendo-se o ângulo de repouso (Θ), de acordo com a equação:

$$\Theta = \frac{\arctg 2h}{D}$$

Em que:

Θ - ângulo de repouso h – altura da pilha;

D – diâmetro.

4.3.1.6 Rendimento

O rendimento das amostras de umbu-cajá em pó será determinado por meio da equação:

$$R = \frac{M_{final} * 100}{M_{inicial}}$$

Em que:

R - rendimento (%);

$M_{inicial}$ - massa inicial da espuma (g) M_{final} – massa final do pó (g).

4.3.2 Cinética de secagem

Para a cinética de secagem foram utilizadas bandejas de inox contendo as diferentes espumas, distribuídas em camada fina. O esquema de pesagem inicial foi de cinco em cinco minutos seguidos de intervalos de 15, 30 e 60 minutos até o final do processo. Os modelos semiteóricos de Page (Equação 4), Henderson & Pabis (Equação 5) e Logarítmico (Equação 6) foram ajustados às curvas de secagem.

Page

$$RX = \exp(-k.t^n) \quad (4)$$

Onde:

RX – razão de água;

k – constante da equação, $1 .h^{-1}$;

n – constante da equação;

t – tempo, min.

Henderson & Pabis

$$RX = a \cdot \exp(-k.t) \quad (5)$$

Onde:

RX – razão de água;

a – constante adimensional da equação;

k – constante da equação, $1 .h^{-1}$;

t – tempo, min.

Logarítmico

$$RX = a \cdot \exp(-k.t) + c \quad (6)$$

Onde:

RX – razão de água do produto, adimensional;

t – tempo de secagem;

k – coeficientes de secagem;

a,c – constantes dos modelos.

4.4 Seleção do melhor pó

A seleção do melhor pó foi realizada mediante os parâmetros de teor de água/sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares não-redutores, açúcares totais e açúcares redutores, fibra bruta e fibra em digestão ácida, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), insolubilidade, molhabilidade, tempo de reconstituição e rendimento, conforme metodologia descritas na seção 4.3.1.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização física, química e físico-química do produto *in natura*

Na Tabela 2 estão expressos os resultados das médias e dos desvios padrões da caracterização física, química e físico-química da polpa de umbu-cajá *in natura*.

Tabela 2 - Caracterização física, química e físico-química da polpa de umbu-cajá *in natura*.

Parâmetros	Médias e Desvios Padrões
pH	2,53 ± 0,02
Acidez Total Titulável (% ácido cítrico)	2,34 ± 0,191
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	10,03 ± 0,23
Teor de Água (%b.u)	91,26 ± 0,102
Cinzas (%)	1,38 ± 0,096
Fibras (%)	1,32 ± 0,272
Açúcares Totais (g/100g)	6,93 ± 0,459
Açúcares Não Redutores (g/100g)	2,36 ± 1,05
Açúcares Redutores (g/100g)	4,57 ± 1,58
Ácido Ascórbico (mg/100g)	0,029 ± 0,001

Fonte: Própria (2018)

O pH obtido das amostras apresentou valor médio de 2,53 resultado igual ao encontrado por Mattietto et al. (2010) na polpa de cajá.

A acidez total titulável, em ácido cítrico, apresentou valor maior ao comparado com o resultado de Carvalho et al. (2014), que foi de 1,84% para a polpa de abóbora japonesa. Fazendo comparação dos sólidos solúveis totais, com o estudo do mesmo autor, foi obtido valor equivalente de 9 °Brix, também menor comparado a polpa de umbu-cajá.

O teor de água obtido nesse estudo está bem próximo ao comparado com Oliveira (2012), que analisou quimicamente o umbu-cajá (90,18%), já o valor de cinzas da polpa foi de 1,38%, sendo superior ao valor estudado pelo mesmo autor, que foi de 0,36%.

O valor médio de fibras foi de 1,32%, semelhante ao resultado obtido no estudo de Santos et al. (2010), que foi de 1,36% e bem mais alto que os valores encontrados por Mattietto (2010), sendo de 0,43%.

Com relação aos valores médios obtidos dos açúcares redutores, açúcares não redutores e açúcares totais, respectivamente: 4,57g/100g; 2,36g/100g e 6,86g/100g, são inferiores aos resultados obtidos comparados com Oliveira (2012), respectivamente: 6,98g; 0,72g e 7,73g; e com Santos et al. (2010), que obtiveram resultados, na ordem: 4,12g; 3,20g e 7,49g.

O ácido ascórbico apresentou valor inferior (0,029 mg/100g) aos resultados médios obtidos por Oliveira (2012) e Mattietto (2010), respectivamente, 13,08 e 23,72 mg/100g.

5.2 Planejamento Experimental Fatorial

As resultâncias das variáveis independentes diante das variáveis de respostas estudadas foram analisadas, e assim, foi obtido o modelo matemático e as superfícies de respostas para demonstração das variáveis pelo teste F. Se F calculado for maior que o F tabelado, então, a regressão é significativa, e melhor é o ajuste do modelo matemático aos dados experimentais. Se a razão ($F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$) na falta de ajuste é ≥ 4 , então, o modelo é considerado preditivo (TONON, 2009).

Na Tabela 3 são demonstrados os valores das variáveis dependentes em função das variáveis independentes, encontrados nos diferentes experimentos do planejamento fatorial.

Os valores de densidade variaram entre 0,3747 g/cm³ e 0,5924 g/cm³. Todas as espumas são ideais para realização no processo de secagem em camada de espuma pois os valores estão compreendidas entre 0,1 a 0,6 g/cm³, caso contrário, há uma facilidade de dissolução da espuma comprometendo no processo de secagem (VAN ARSDEL, 1964). O maior valor foi encontrado no experimento 2, o qual apresenta a maior concentração de albumina e menor tempo de batimento, e o menor valor foi resultante do experimento 3, onde utilizou os menores valores das variáveis independentes. No estudo de PEREIRA (2008), onde afirma que a densidade da espuma decaiu com o aumento da concentração de aditivos, os aditivos utilizados foram: emustab, super-liga-neutra, gelatina e goma carragena.

Para o teor de água não obteve diferença significativa entre todos os experimentos, ficando na faixa de 92,2%, exceto para o experimento 2, que diferenciou dos demais com um aumento de 0,03%. Assim, nenhuma das variáveis independentes influenciou no teor de água nos experimentos.

A variável dependente de cinzas variou de 0,1107% e 0,7967%, onde os maiores teores resultaram na maior concentração de albumina, em seguida, com decréscimo da concentração de albumina há um decréscimo desse parâmetro independentemente do tempo de batimento.

Tabela 3 – Resultados dos experimentos de caracterizações das espumas da polpa de umbu-cajá em função da albumina e do tempo.

Experimentos	Variáveis Independentes		Variáveis Dependentes										
	Albumina (g)	Tempo (min.)	Densidade(g/mL)	pH	Acidez	°Brix	T.A.	Cinzas	Fibra	A.T	A.R	A.N.R.	Vit.C
1	-1 (5,0)	-1 (01:00)	0,5195	2,73	2,12	6,2	92,2	0,3331	0,3733	0,012	0,353	0,341	0,0162
2	+1 (10,0)	-1 (01:00)	0,5924	2,85	2,17	6,3	92,23	0,7967	1,0433	0,052	0,987	0,935	0,056
3	-1 (5,0)	+1 (03:00)	0,3747	2,66	2,14	6,3	92,2	0,4000	0,4009	0,034	0,853	0,819	0,017
4	+1 (10,0)	+1 (03:00)	0,4911	2,78	2,15	6,4	92,2	0,7845	1,145	0,049	0,934	0,885	0,045
5	0 (7,5)	0 (02:00)	0,4935	2,54	2,05	6,4	92,2	0,1107	1,257	0,042	0,935	0,893	0,016
6	0 (7,5)	0 (02:00)	0,5255	2,77	2,11	6,1	92,2	0,1209	1,234	0,045	0,956	0,911	0,016
7	0 (7,5)	0 (02:00)	0,5332	2,65	2,09	6,2	92,2	0,1113	1,198	0,043	0,939	0,896	0,017

T.A.: Teor de Água; A.T.: Açúcares Totais; A.R.: Açúcares Redutores; A.N.R.: Açúcares Não Redutores; Ac. Asc.: Ácido Ascórbico.

O teor de cinzas e quantidade de fibras tem maior porcentagem com a concentração média de albumina (7,5g), e menor teor de cinzas e fibras com a menor concentração de albumina (5,0g), para o qual foi repetido nas fibras, o tempo de batimento não influenciou.

Observou-se que houve um aumento nos valores de açúcares totais nas maiores concentrações de albumina, que na menor concentração, aumentou com o aumento de tempo de batimento. O fato dos açúcares totais terem aumentado pode ter ocorrido por conter açúcares totais na albumina, como constatado por PINTO (2009), ao avaliar a espuma do jenipapo com diferentes aditivos.

Para ácido ascórbico, foi obtido maior valor e única diferença para maior concentração de albumina, diferente de PINTO (2009) que constatou que não houve variação do ácido ascórbico.

Nas figuras 3 à 9:

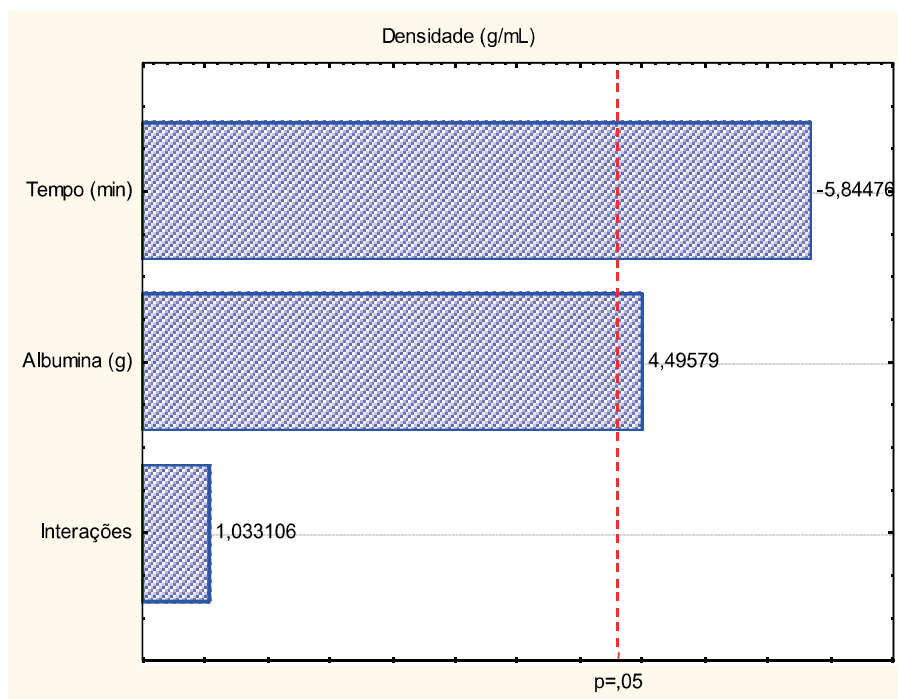


Figura 3 – Diagramas de pareto para densidade.

Fonte: Própria (2018)

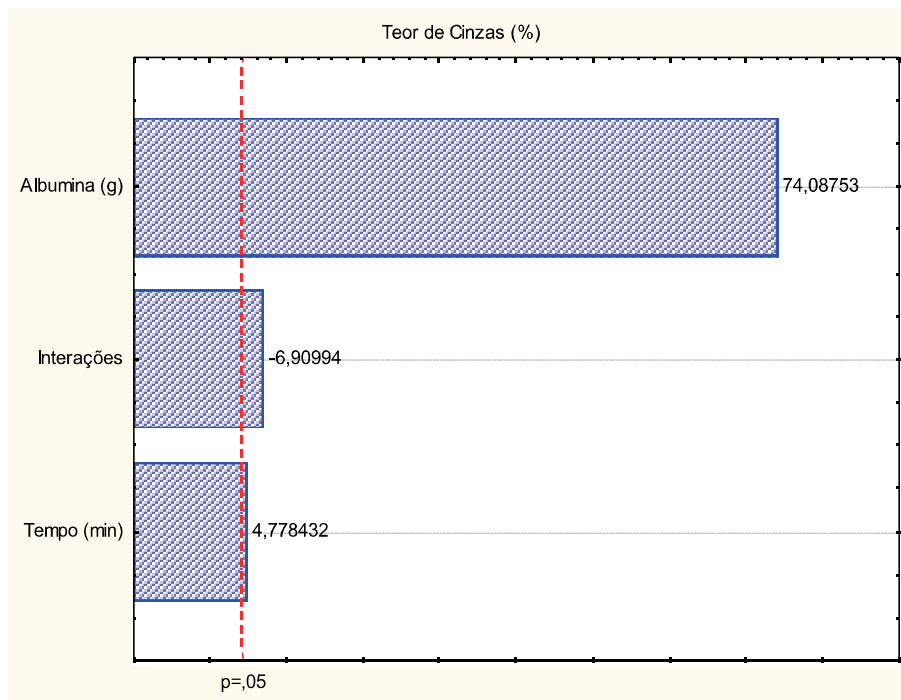


Figura 4 – Diagramas de pareto para teor de cinzas.

Fonte: Própria (2018)

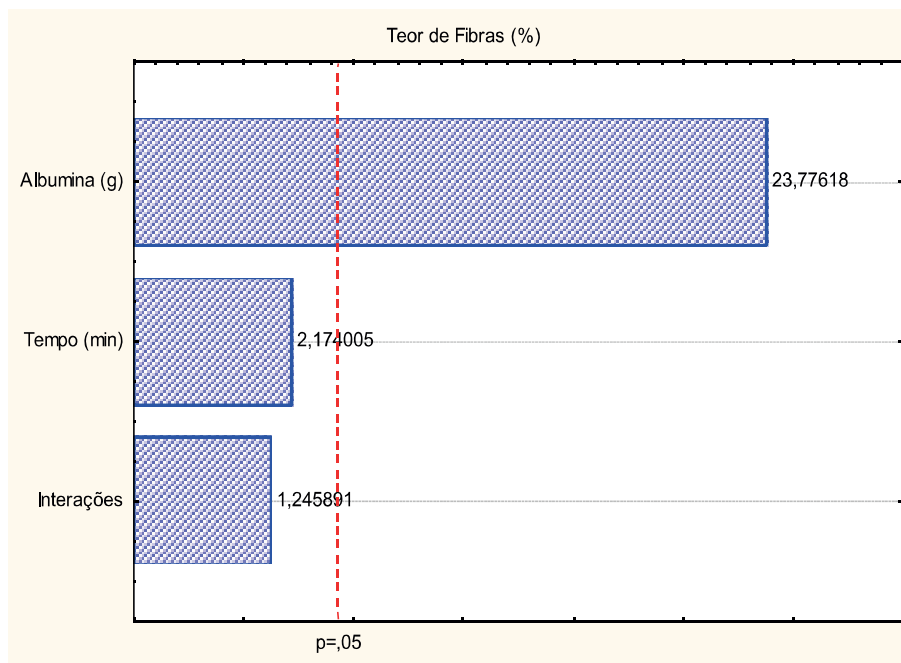


Figura 5 – Diagramas de pareto para teor de fibras.

Fonte: Própria (2018)

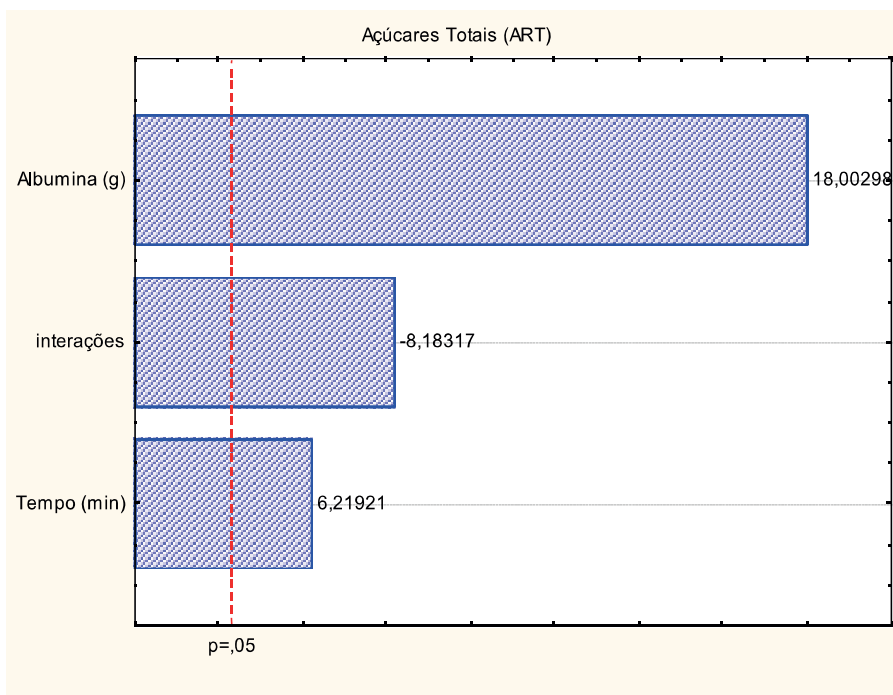


Figura 6 – Diagramas de pareto para açúcares totais.

Fonte: Própria (2018)

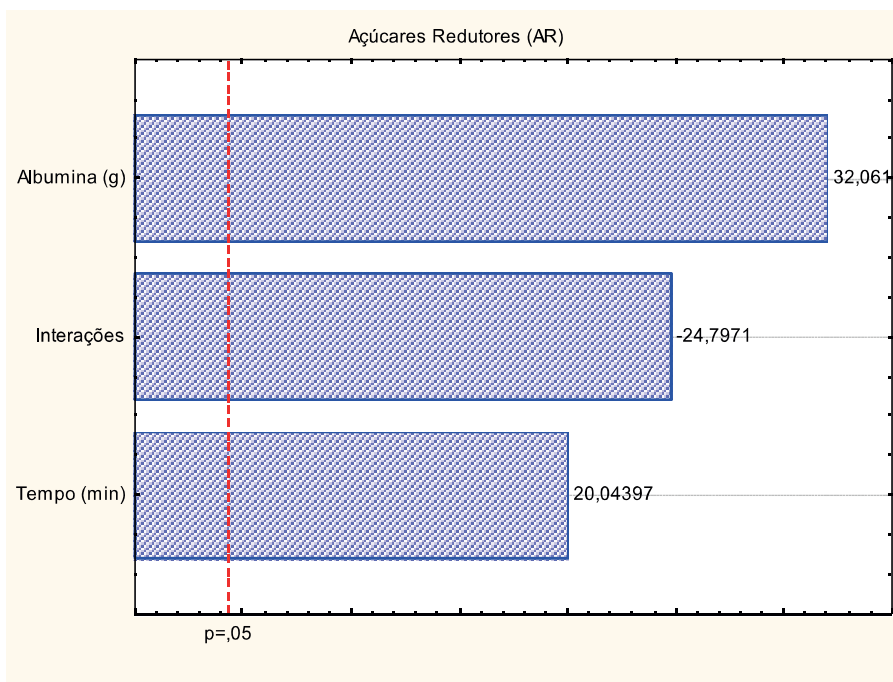


Figura 7 – Diagramas de pareto para redutores.

Fonte: Própria (2018)

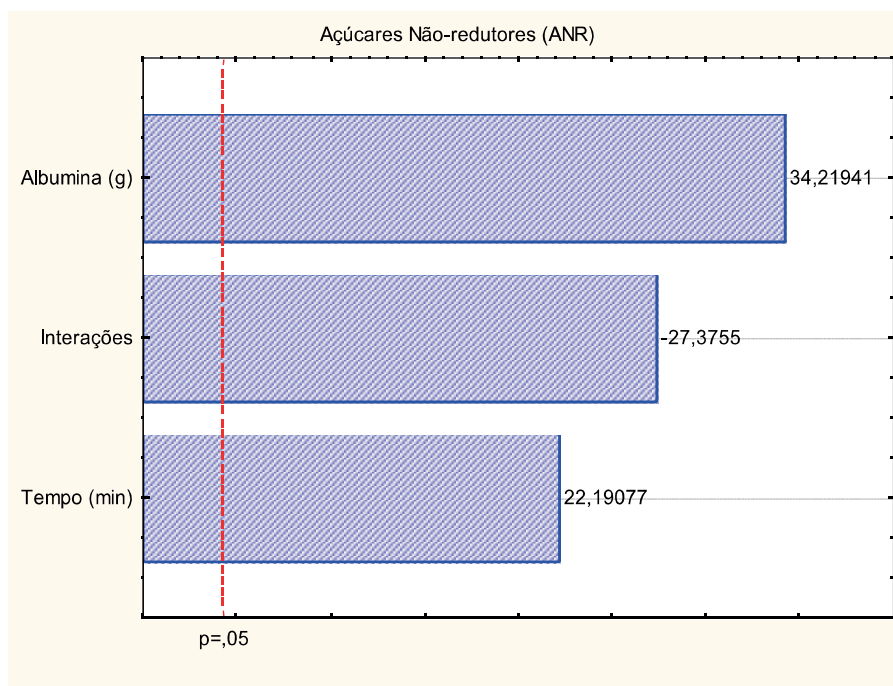


Figura 8 – Diagramas de pareto para açúcares não redutores.

Fonte: Própria (2018)

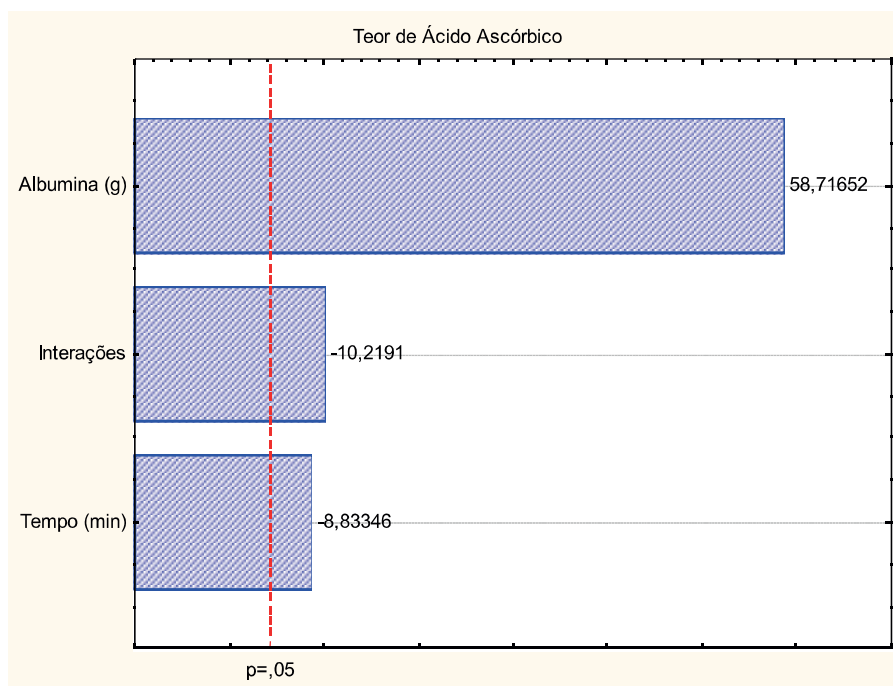


Figura 9 – Diagramas de pareto para ácido ascórbico.

Fonte: Própria (2018)

Verifica-se que para a densidade, as variáveis de entrada (tempo e albumina) apresentam efeitos significativos acima de 95% de confiança, com exceção da interação

entre as duas variáveis independentes, no parâmetro densidade. O parâmetro que mais influenciou foi o tempo de batimento.

O diagrama de pareto para teor de cinzas, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não-redutores e ácido ascórbico, apresentaram o mesmo comportamento, onde as variáveis de entrada (albumina e tempo) e a interação entre as duas apresentaram efeitos significativos acima de 95% de confiança, sendo a concentração de albumina o fator que mais influenciou nos experimentos..

No diagrama de pareto para o teor de fibras, a variável de entrada (albumina) apresentou efeito significativo acima de 95% de confiança e houve maior influência nesse parâmetro.

Na Tabela 4 é demonstrado a análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para as variáveis de respostas das espumas. Os ajustes ao modelo linear apresentaram valores acima de 50% para o coeficiente de determinação para a maioria das variáveis de respostas observadas, sendo que apenas as variáveis, densidade e açúcares totais, apresentaram valores acima de 90%, com 93,21% e 92,70%, respectivamente.

Se $F_c/F_t \geq 4$, o modelo é preditivo e se $F_c > F_t$ o modelo é significativo.

O ajuste ao modelo de regressão linear + interações entre as variáveis, tendo como fatores de variáveis de entrada, albumina e tempo, foi significativa pelo teste F nas variáveis respostas (dependentes), apenas para a densidade e os açúcares totais. O modelo de regressão foi estatisticamente preditivo para as variáveis de respostas de fibras, açúcares redutores, açúcares não-redutores e ácido ascórbico apresentando razão $F_c/F_t \geq 4$ na falta de ajuste.

Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA) dos modelos ajustados para as variáveis de resposta

Respostas	Modelo Selecionado	R ²	Regressão			Falta de ajuste			
			Ft	Fc	Fc/Ft	Ft	Fc	Fc/Ft	
d (g/mL)	Linear interações	+	93,21	9,28	13,72	1,48	18,51	2,04	0,11
pH	Linear interações	+	30,4	9,28	0,44	0,05	18,51	1,34	0,07
ATT	Linear interações	+	13,42	9,28	0,16	0,02	18,51	6,98	0,38
SST	Linear interações	+	26,92	9,28	0,37	0,04	18,51	0,33	0,02
T.A.	Linear interações	+	87,5	9,28	7	0,75	18,51	-	-
Cinzas	Linear interações	+	33,01	9,28	0,49	0,05	18,51	11,28	0,61
Fibras	Linear interações	+	55,11	9,28	1,23	0,13	18,51	464	25,07
A.T	Linear interações	+	92,7	9,28	12,7	1,37	18,51	32	1,73
A.R	Linear interações	+	84,96	9,28	5,65	0,61	18,51	360	19,45
A.N.R.	Linear interações	+	84,43	9,28	5,42	0,58	18,51	443	23,93
Ác. Asc.	Linear interações	+	70,4	9,28	2,38	0,26	18,51	1524,41	82,36

d.:densidade; A.T.T.: Acidez Total Titulável; S.S.T.: Sólidos Solúveis Totais; T.A.: Teor de Água; A.T.: Açúcares Totais; A.R.: Açúcares Redutores; A.N.R.: Açúcares Não Redutores; Ác. Asc.: Ácido Ascórbico.

Fonte: Própria (2018)

As Figuras abaixo de 3 à 9 apresentam as superfícies de respostas para as variáveis de densidade e de açúcares totais, sendo considerados modelos significativos. E para as variáveis de fibras, açúcares redutores, açúcares não-redutores e ácido ascórbico considerados modelos preditivos, variando os valores da concentração de albumina e tempo para as espumas do umbu-cajá.

Observa-se na Figura 10, que a densidade aumenta com o aumento da concentração de albumina e com a diminuição do tempo.

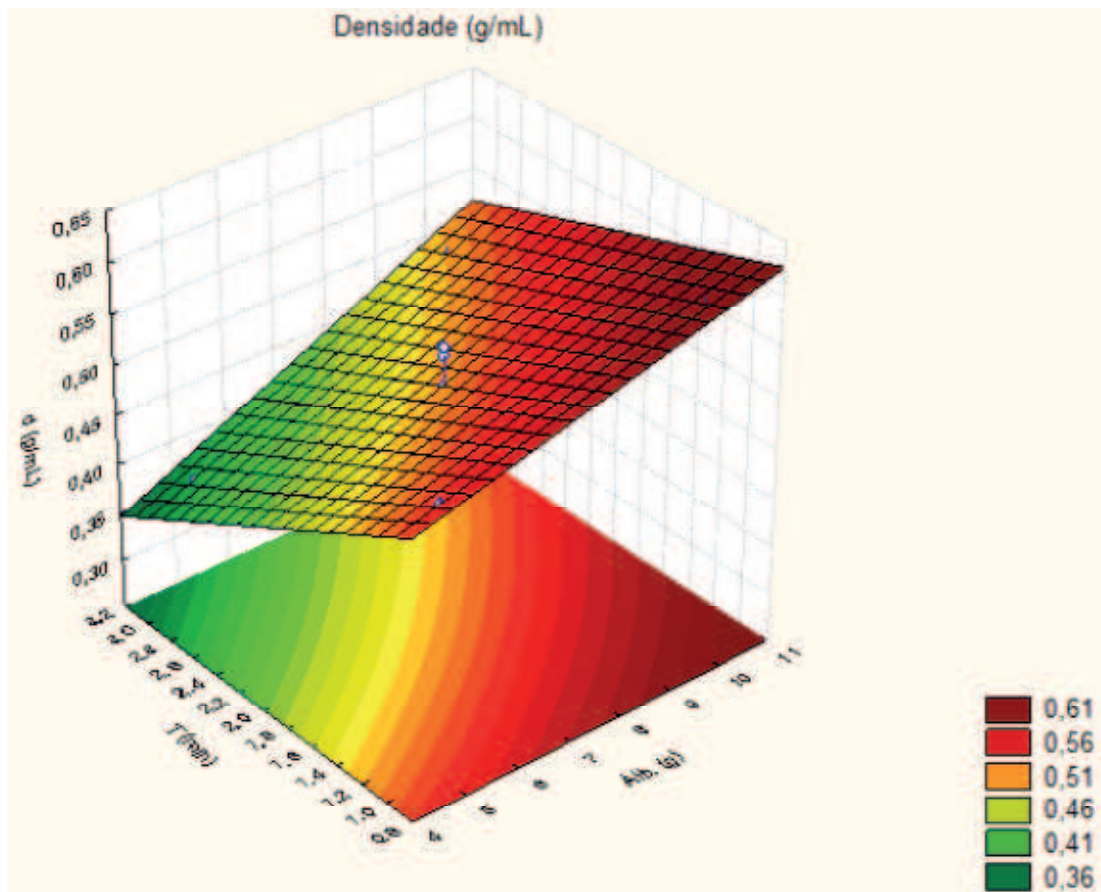


Figura 10 – Superfície de resposta da densidade das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.

Fonte: Própria (2018)

De acordo com as Figuras 11 observa-se que o aumento da concentração de albumina e do tempo de batimento intensifica os açúcares totais.

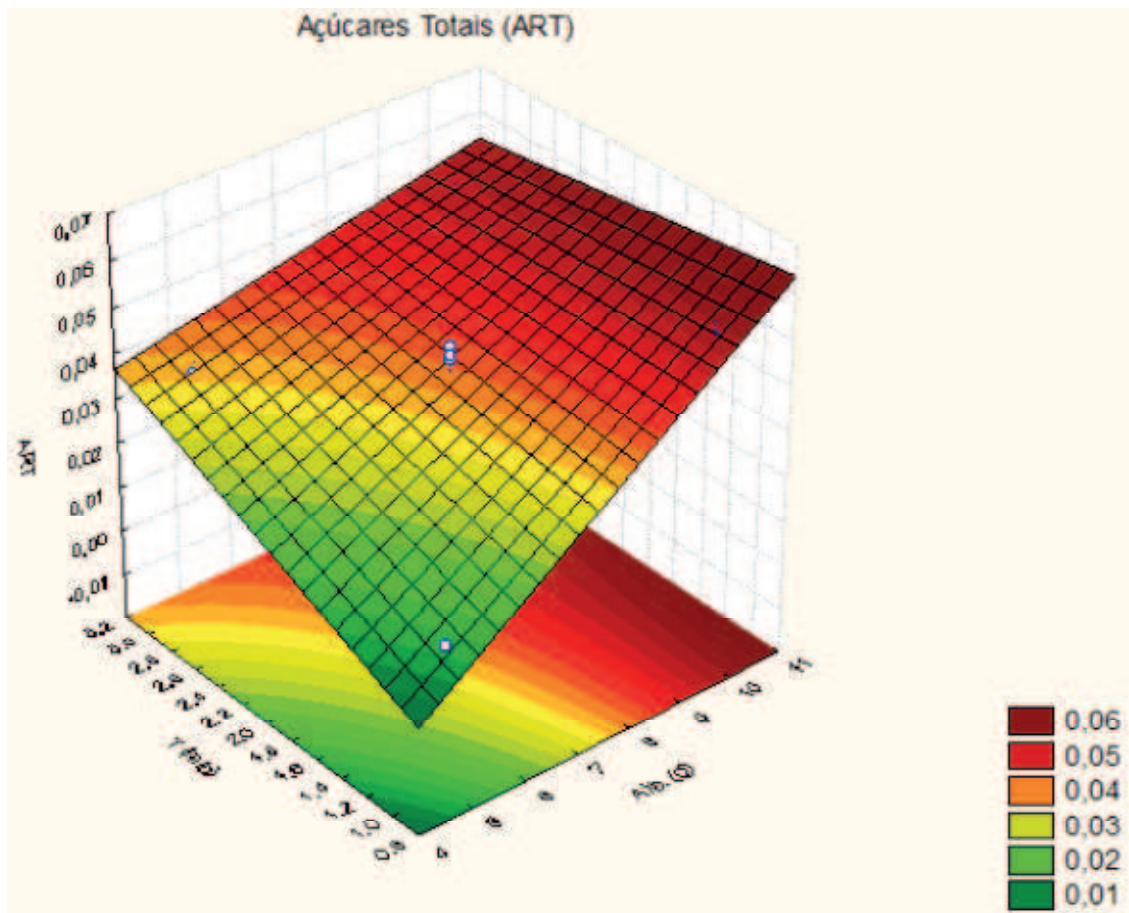


Figura 11 – Superfície de resposta dos açúcares totais das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.

Fonte: Própria (2018)

Na Figura 12 ocorreu um aumento de fibras com o aumento da concentração de albumina e menor tempo de batimento.

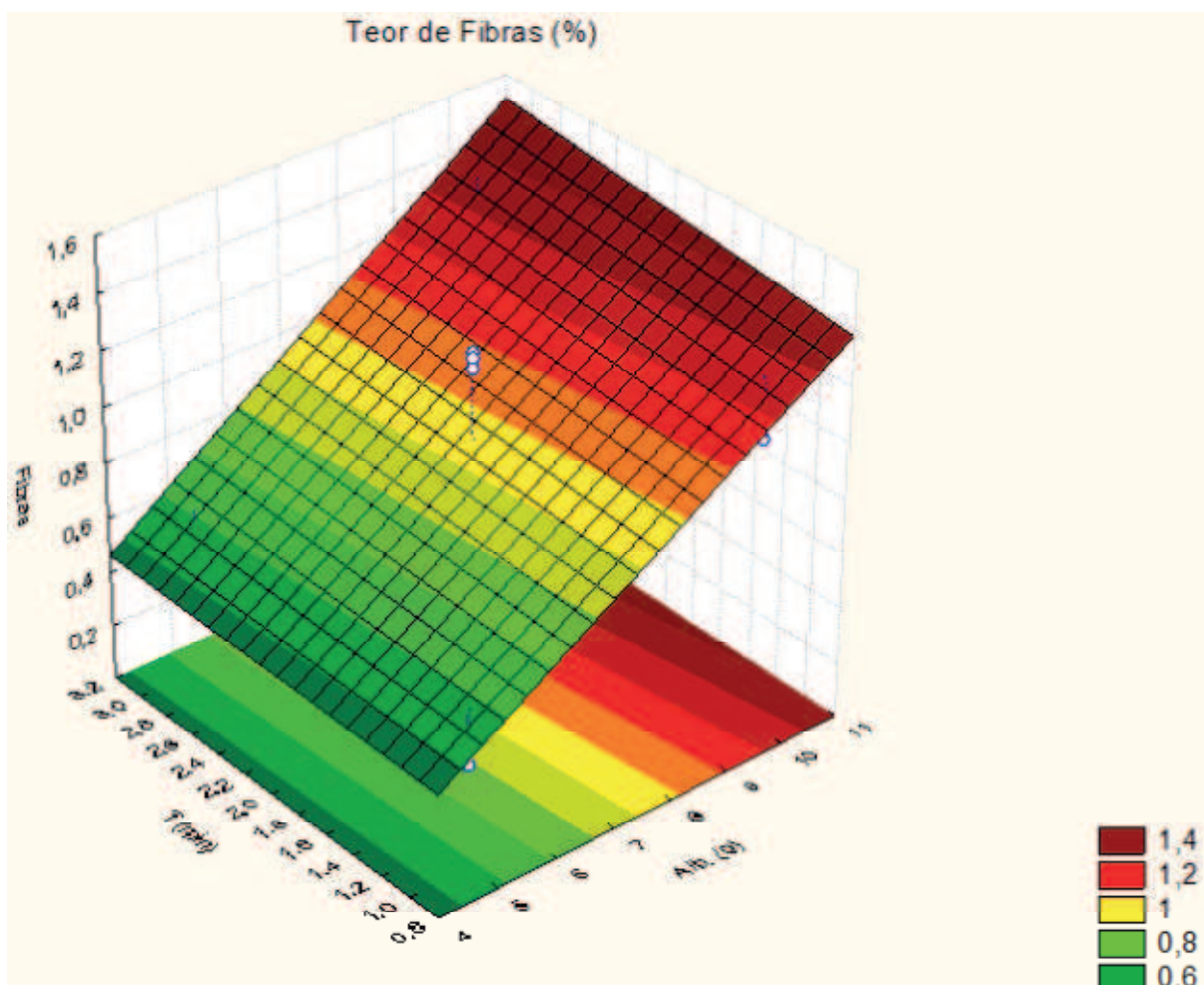


Figura 12 – Superfície de resposta do teor de fibras das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.

Fonte: Própria (2018)

De acordo com as Figuras 13 e 14 observa-se que o aumento da concentração de albumina e do tempo de batimento intensifica os açúcares redutores e não-redutores.

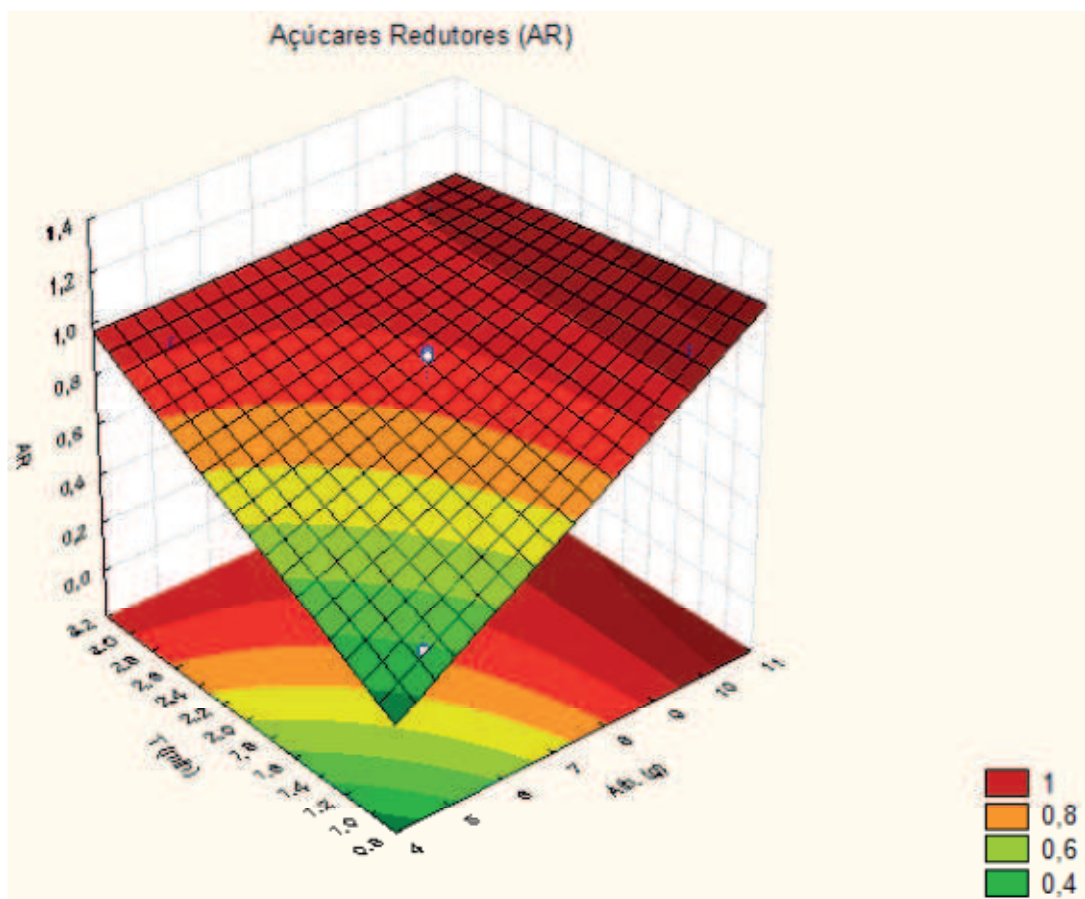


Figura 13 – Superfície de resposta dos açúcares redutores das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.

Fonte: Própria (2018)

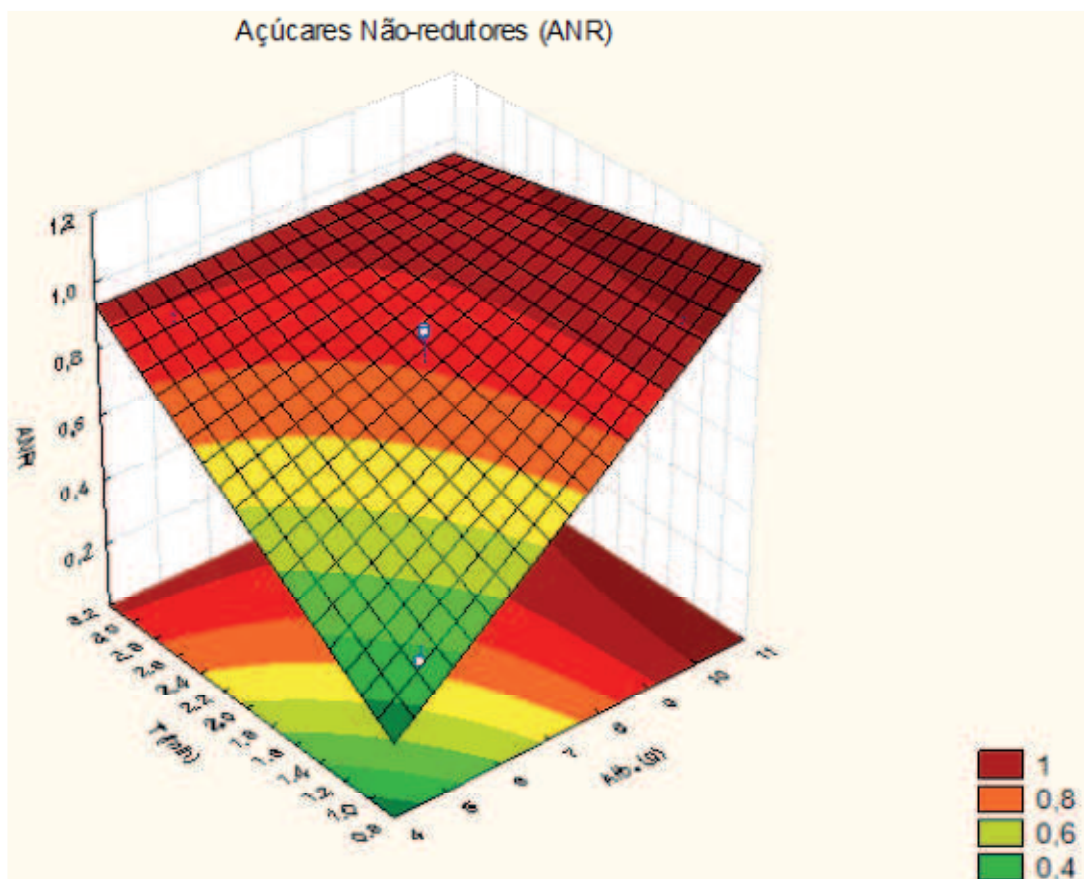


Figura 14 – Superfície de resposta dos açúcares não-redutores das espumas de umbu-
cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.

Fonte: Própria (2018)

Na Figura 15, verifica-se que o maior teor de ácido ascórbico compreende entre o maior teor de albumina e menor tempo de batimento.

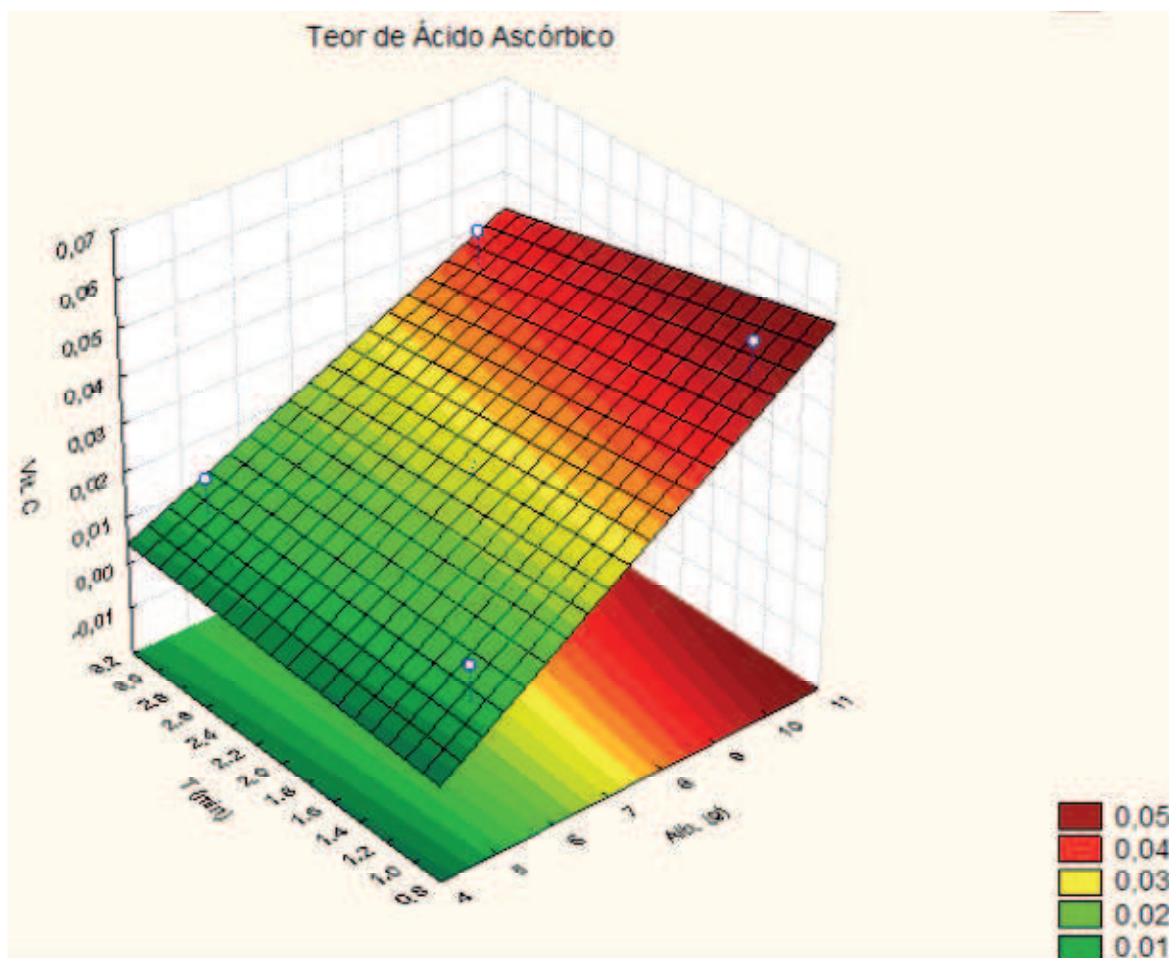


Figura 15 – Superfície de resposta do ácido ascórbico das espumas de umbu-cajá, relacionando a concentração de albumina e tempo.

Fonte: Própria (2018)

5.3 Condição ótima de espuma

As Figuras 16 à 21 correspondem à curva de contorno para densidade, fibras, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não-redutores e ácido ascórbico na região otimizada do planejamento fatorial. Com base nos estudos dos efeitos da concentração de albumina e do tempo de batimento sobre as espumas do umbú-cajá.

O aumento da concentração de albumina (10g) e o menor tempo de batimento (1 minuto) ocorreram nos maiores valores de densidade, fibras, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e ácido ascórbico.

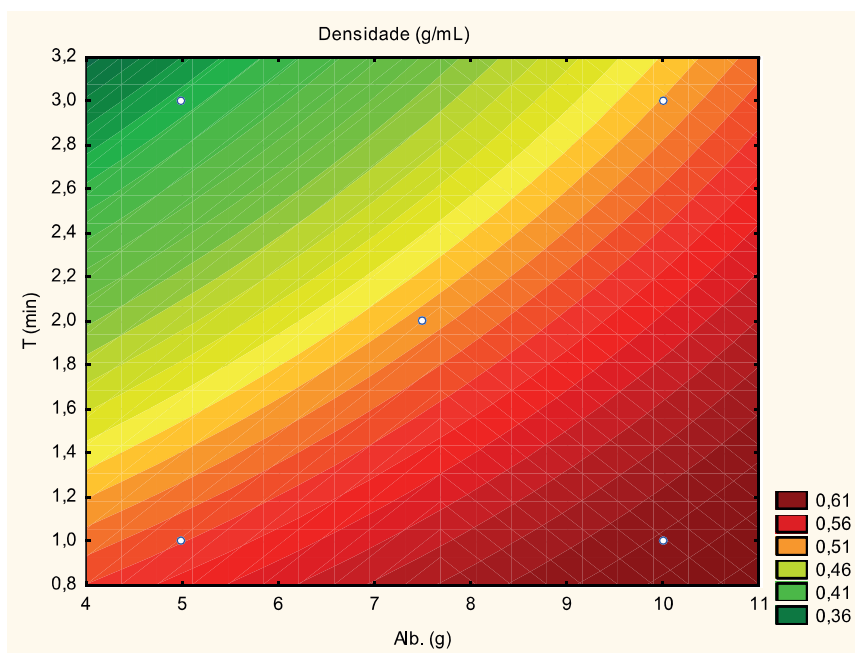


Figura 16 – Curva de contorno da densidade na região otimizada do planejamento.

Fonte: Própria (2018)

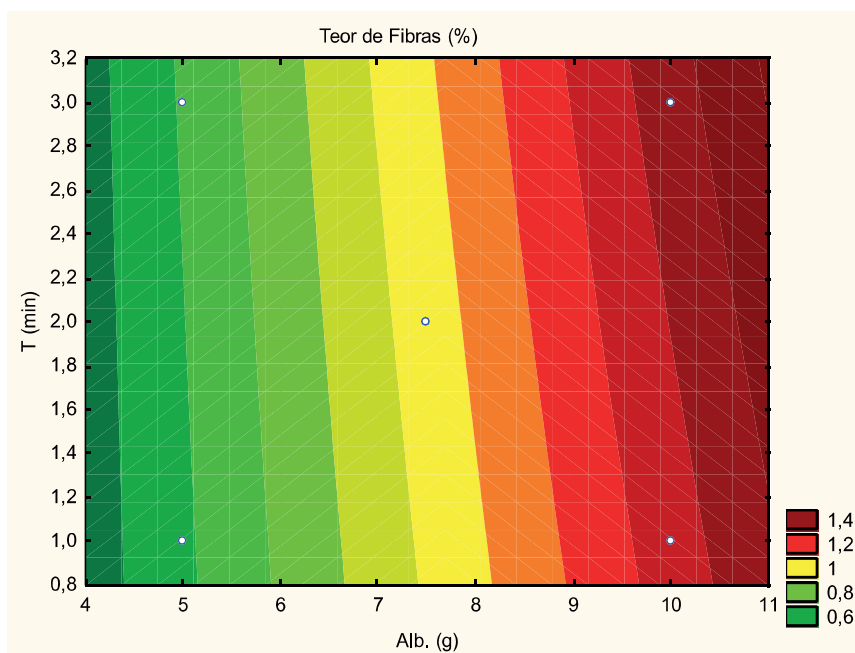


Figura 17 – Curva de contorno do teor de fibras na região otimizada do planejamento.

Fonte: Própria (2018)

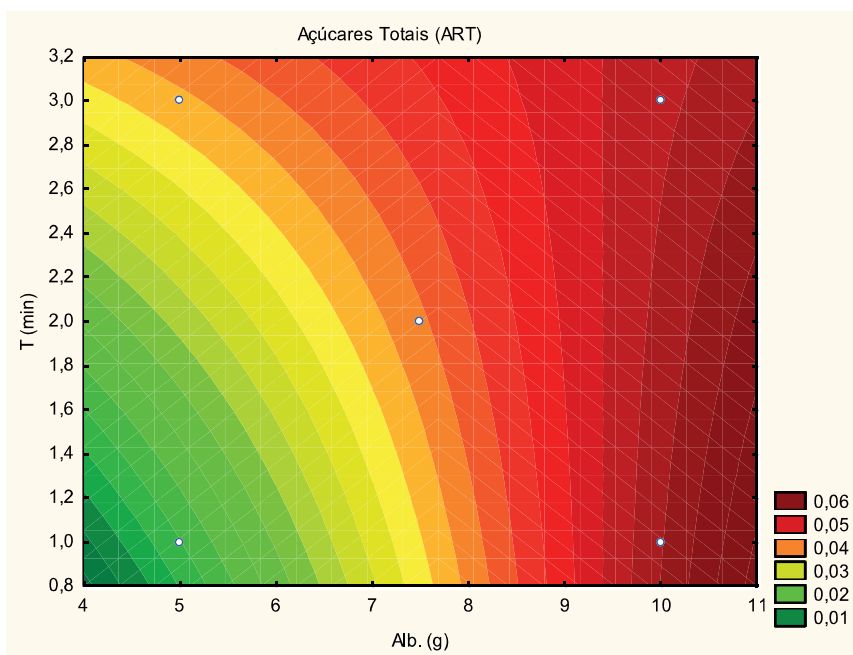


Figura 18 – Curva de contorno dos açúcares totais na região otimizada do planejamento.

Fonte: Própria (2018)

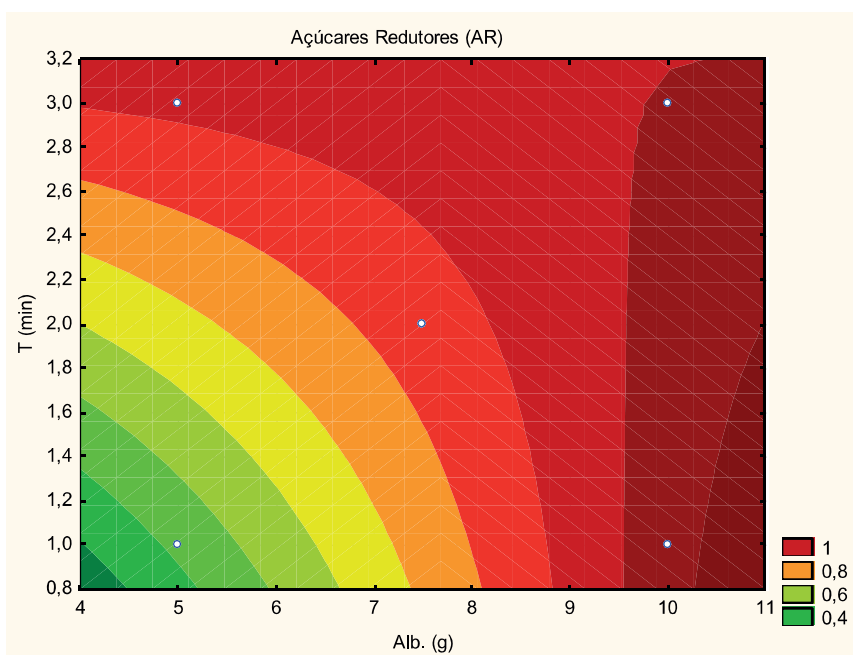


Figura 19 – Curva de contorno dos açúcares redutores na região otimizada do planejamento.

Fonte: Própria (2018)

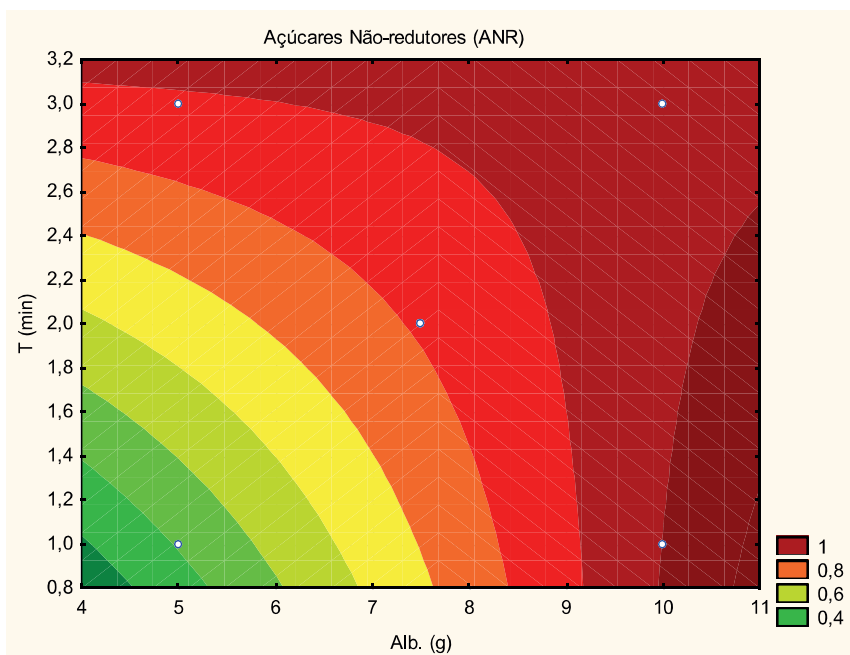


Figura 20 – Curva de contorno dos açúcares não redutores na região otimizada do planejamento.

Fonte: Própria (2018)

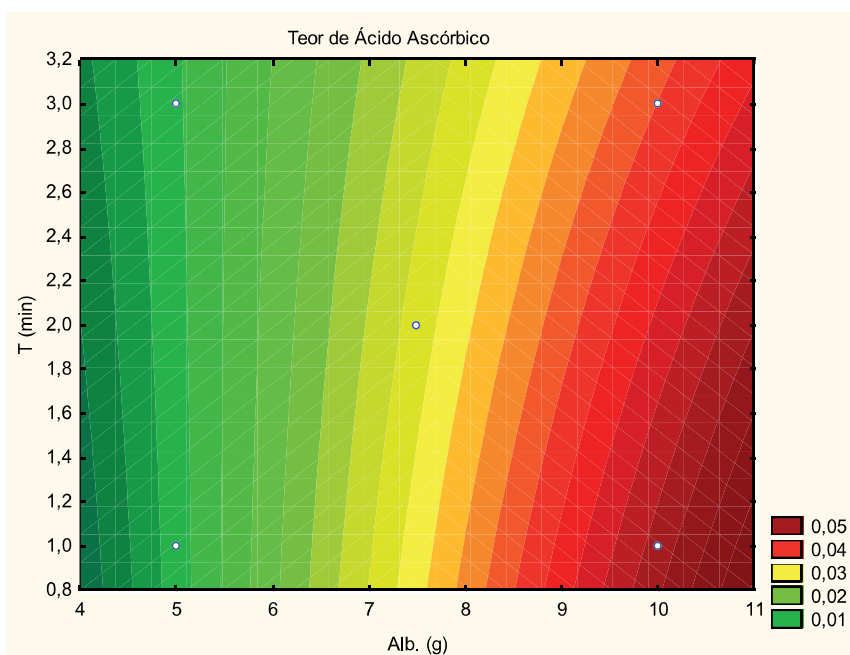


Figura 21 – Curvas de contorno do teor de ácido ascórbico na região otimizada do planejamento.

Fonte: Própria (2018)

5.4 Secagem convectiva

Após o desenvolvimento do planejamento fatorial na elaboração das formulações das espumas, foram determinadas suas curvas de cinética de secagem nos diferentes experimentos na temperatura de secagem de 60 °C.

5.4.1 Cinética de Secagem

Na Figura 22 estão apresentadas as curvas de secagem (razão de água – adimensional em função do tempo de secagem – minutos) das espumas do umbu-cajá na temperatura de 60°C.

Observa-se que as secagens das espumas foram obtidas ao mesmo tempo na estufa, ou seja, ficaram 2h15min, por serem todas realizadas na mesma temperatura, apenas variando a concentração do aditivo.

Outra variável dependente além da albumina, que foi o tempo de batimento. Provavelmente, o experimento 1 foi mais rápido para ficar atingindo massa constante, ao contrário do experimento 2, que necessitou 100 minutos a mais, até atingir o teor de água de equilíbrio. Já os outros experimentos, gastaram praticamente tempos similares para ficarem com peso constante. Segundo Pereira (2008), é evidente esse acontecimento na mesma temperatura de secagem e densidade equivalentes, espumas de alimentos líquidos apresentem maior constante de secagem em relação as espumas de alimentos pastosos (purês) pois apresentam menor teor de sólidos totais.

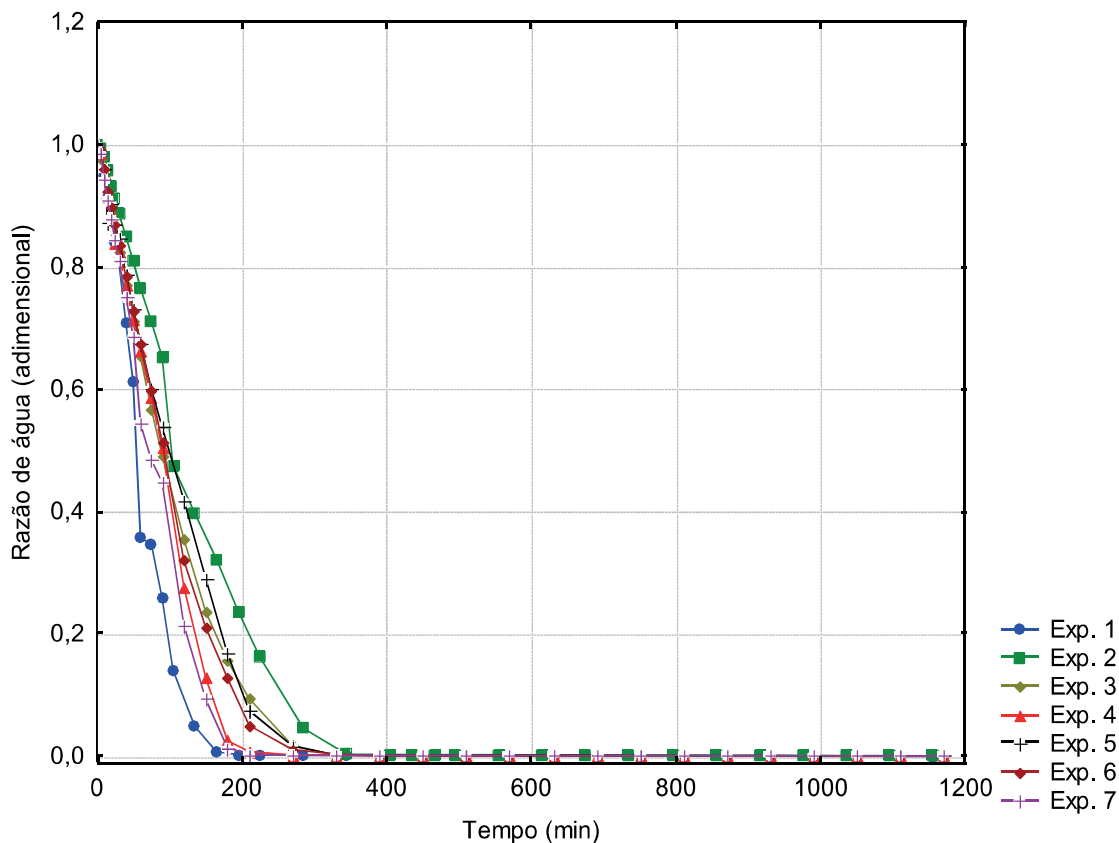


Figura 22 – Curvas de secagem das espumas de umbu-cajá com diferentes concentrações de albumina e tempo de secagem nos experimentos do planejamento fatorial. Fonte: Própria (2018)

5.4.2 Modelos Matemáticos

Nas Tabelas 5 a 7 são apresentados os valores estimados dos parâmetros dos modelos de Page, Henderson & Pabis e o Logarítmico para a secagem das espumas do umbu-cajá na temperatura de 60°C, para os coeficientes de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM). Os modelos utilizados representam positivamente o processo de secagem, onde mostram R^2 superiores a 0,9 e DQM inferiores a 0,11.

Tabela 5 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) do modelo de Page ajustados às curvas de secagem para a temperatura de 60°C avaliada na espuma do umbu-cajá.

Modelo: Page		Temp.: 60°C		
Experimento	Parâmetros		R^2	DQM
	K	n		
1	0,0008	1,6632	0,9981	0,0029
2	0,0008	1,4259	0,9990	0,0114
3	0,0021	1,2985	0,9996	0,0166
4	0,0008	1,5290	0,9979	0,0348
5	0,0016	1,3355	0,9986	0,0259
6	0,0011	1,4413	0,9994	0,0176
7	0,0012	1,5773	0,9979	0,0369

Fonte: Própria (2018)

Tabela 6 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) do modelo de Henderson & Pabis ajustados às curvas de secagem para a temperatura de 60°C avaliada na espuma do umbú-cajá.

Modelo: Herderson e Pabis		Temp.: 60°C		
Experimento	Parâmetros		R^2	DQM
	a	K		
1	1,1206	0,0153	0,9902	0,0393
2	1,0834	0,0073	0,9944	0,0496
3	1,0574	0,0092	0,9971	0,0323
4	1,0835	0,0104	0,9912	0,0446
5	1,0584	0,0086	0,9954	0,0376
6	1,0780	0,0095	0,9949	0,0380
7	1,1117	0,0147	0,9919	0,0538

Fonte: Própria (2018)

Tabela 7 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) do modelo de Logarítmico ajustados às curvas de secagem para a temperatura de 60°C avaliada na espuma do umbú-cajá.

Modelo: Logarítmico			Temp.: 60°C		
Experimento	Parâmetro			R^2	DQM
	A	K	c		
1	1,1307	0,0149	0,0124	0,9905	2,88E-06
2	1,1010	0,0069	0,0226	0,9950	5,43E-07
3	1,0667	0,0089	0,0117	0,9973	3,31E-06
4	1,0962	0,0101	0,0152	0,9916	1,30E-06
5	1,0697	0,0085	0,0141	0,9957	6,13E-06
6	1,0890	0,0092	0,0136	0,9952	2,11E-06
7	1,1198	0,01444	0,0100	0,9922	4,36E-06

Fonte: Própria (2018)

Com bons ajustes dos modelos pelos dados experimentais em todos os experimentos, o melhor foi o experimento 3, obteve melhor ajuste nos três modelos testados pelo maior R^2 e menor DQM. Santos et al. (2010), observaram que para secagem de carambola o modelo Page teve melhor resultado, com R^2 igual a 0,999 e Gurgel (2014) também teve as curvas representadas satisfatoriamente pelo modelo de Page .

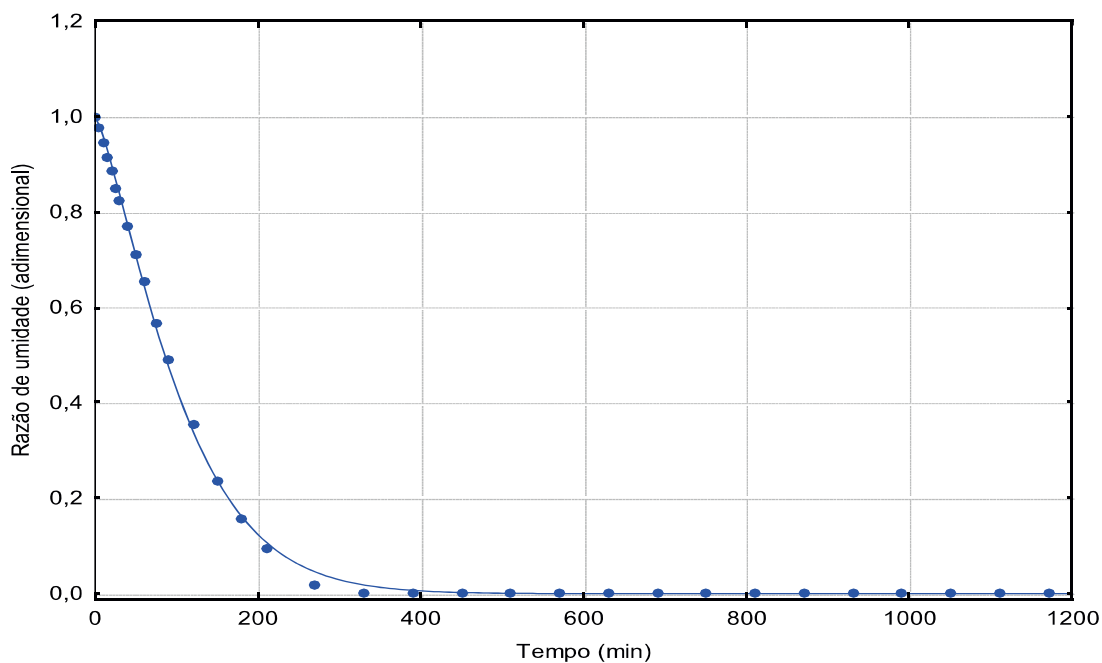


Figura 24 - Curvas de secagem da espuma de umbu-cajá no ensaio 3 do planejamento fatorial pelo modelo Page.

Fonte: Própria (2018)

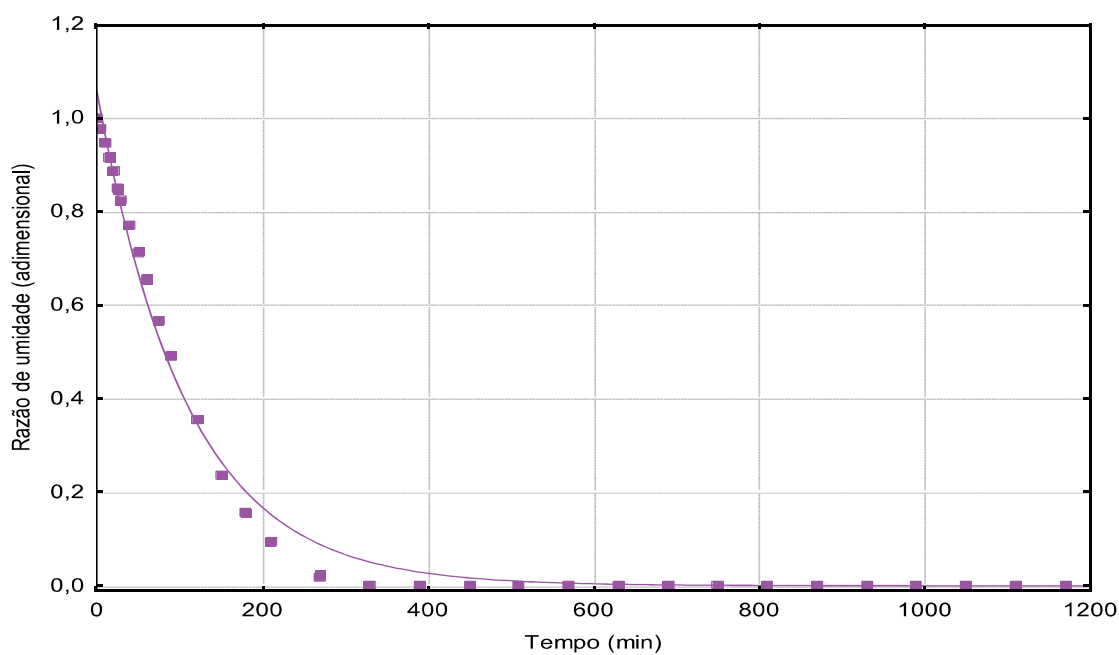


Figura 25 - Curvas de secagem da espuma de umbu-cajá no ensaio 3 do planejamento fatorial pelo modelo Henderson & Pabis.

Fonte: Própria (2018)

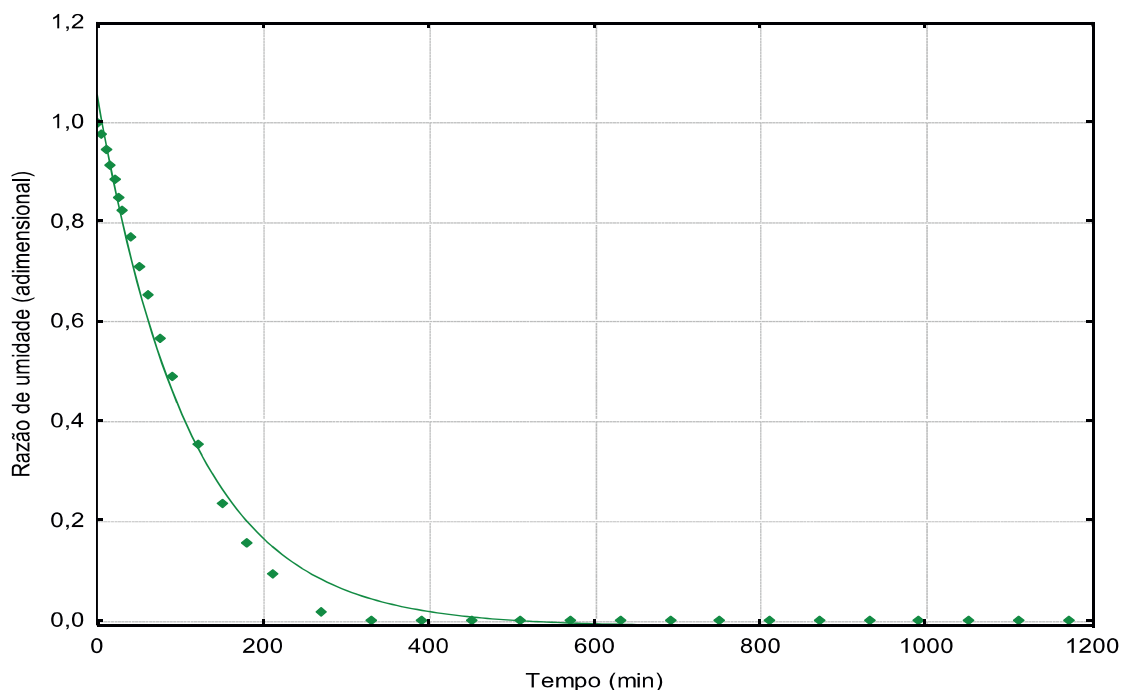


Figura 25 - Curvas de secagem da espuma de umbu-cajá no ensaio 3 do planejamento fatorial pelo modelo Logarítmico.

Fonte: Própria (2018)

5.5 Caracterizações física, química e físico-química dos pós

Na Tabela 7 estão expressos os resultados médios encontrados na caracterização física, química e físico-química do pó de umbú-cajá para os diferentes experimentos.

O pH não apresentou diferenças estatísticas entre os experimentos, variando entre 2,37 a 2,90. Comparando com o pH da polpa integral, obtidos nas amostras no processo de secagem mantiveram na mesma faixa para a polpa *in natura* tendo como média 2,53; o mesmo que ocorreu com Morreira et al. (2013), que após a secagem manga Tommy Atkins constataram que não houve diferença significativa da polpa *in natura*, tendo pH 3,75 e 3,73.

Parâmetros	Experimentos						
	1	2	3	4	5	6	7
pH	2,38 a	2,58 a	2,37 a	2,55 a	2,45 a	2,90 a	2,64 a
Acidez	16,22 g	17,65 a	17,03 d	16,97 e	17,64 b	17,04 c	16,96 f
°Brix	7,03 a	6,60 c	7,00 b	6,50 d	6,10 f	6,20 e	6,10 f
Teor de Água	19,83 f	23,37 b	19,45 g	23,10 d	23,90 a	23,33 c	22,98 e
Cinzas	0,060 b	0,059 c	0,063 a	0,057 e	0,053 g	0,053 f	0,058 d
Fibras	8,09 d	7,38 e	8,26 a	6,53 g	7,17 f	8,10 c	8,25 b
Açúcares totais	0,173 a	0,140 d	0,169 b	0,139 e	0,144 c	0,139 e	0,135 f
Açúcares redutores	1,077 a	1,007 d	1,069 b	0,985 f	1,008 c	0,967 g	0,986 e
Açúcares não-redutores	0,904 a	0,867 c	0,900 b	0,846 f	0,864 d	0,828 g	0,852 e
Ácido Ascórbico	0,0506	0,0507	0,0513	0,0505	0,0488	0,0505	0,0505
Insolubilidade	c	b	a	d	e	d	d
Molhabilidade	49,19 a	58,75 a	48,89 a	58,27 a	63,33 a	67,31 a	64,15 a
Tempo de reconstituição (s)	0,2502	0,2501	0,2501	0,2501	0,2501	0,2501	0,2501
Tempo de escoamento (s)	a	b	a	a	a	b	a
Tempo de escoamento (s)	90	90	90	90	90	90	90
Tempo de escoamento (s)	14,55 b	14,35 d	14,22 f	14,54 c	14,27 e	14,58 a	14,12 g
Ângulo de Repouso	17,13 a	14,30 c	17,12 b	14,29 d	12,97 e	12,90 g	12,93 f
Rendimento (%)	8,10 a	8,86 c	8,39 b	8,52 d	8,46 e	7,35 g	7,29 f

O teor de acidez total titulável apresentou diferenças estatísticas entre os experimentos, em alguns estudos apontam variações quando aumenta a temperatura, mas neste caso todos os experimentos foram realizados na mesma temperatura, podendo ser justificada pela variação da concentração de albumina e do tempo, com exceção dos experimentos 5, 6 e 7 que foram utilizadas as mesmas concentrações e tempo. A ATT dos pós apresentaram aumento, em torno, de 7 vezes a mais, em comparação a acidez da polpa integral. Este aumento pode ter sido provocado pela redução da água no processo de secagem, que assim pode-se aumentar a concentração de açúcares e ácidos orgânicos.

Ao contrário do que aconteceu com o estudo de Chavez et al. (2013), para a cereja roxa, que o teor de sólidos solúveis totais aumentou, com o aumento de albumina comparando com a polpa integral; o °Brix do pó do umbu-cajá diminuiu em comparação ao da polpa *in natura*, devido a incorporação de água (200 mL) para a formação das espumas juntamente com a albumina.

Observando o teor de água, houve uma diminuição nos valores das amostras, sendo um ponto positivo, pois, quanto menor o teor de água, menor a probabilidade de perda do alimento por deterioração microbiana, conseqüentemente sua perda de qualidade. A polpa integral teve 91,26% e os valores dos teores de água dos pós variaram de 19,45-23,90%; comparando com os estudos de Moreira et al. (2013), onde obtiveram 85,48 e 3,14% para polpa de manga liofilizada.

Já os teores de cinzas dos pós variaram de 0,053-0,063%. Comparando com o estudo de Soares et al. (2001) que obtiveram 7,24% no pó da acerola. Para o teor de cinzas, significa uma queda na qualidade do alimento, pelo fato de ter uma diminuição de cálcio, magnésio, ferro, fósforo e sódio, ou seja, uma menor concentração de minerais; comparando aos valores obtidos por Dantas (2010) para o abacaxi e a manga, respectivamente, 2,22 e 2,37%, tendo assim um valor de quase 38% maior.

O teor de fibras apresentou um aumento significativo na faixa de 6,53-8,26% entre os experimentos, em relação à polpa integral (1,32%). Soares et al. (2001) produziram o pó da acerola, a partir da secagem da espuma feita com Pectína cítrica, Emustab e Liga Neutra com 20 minutos de batimento, obtendo 4,82% de fibras; ao contrário de um média de 7,6% do pó do umbu-cajá, sendo boa quantidades de fibras por apresentar um papel importante e positivo para a saúde.

Analisando os teores de açúcares totais, não-redutores e redutores, observa-se que apresentam diferenças estatísticas variando entre 0,175 a 0,173g/100g; 0,967 a 1,077g/100g e 0,828 a 0,904g/100g, respectivamente, sendo valores menores aos obtidos na polpa integral (4,57g/100g; 2,36g/100g e 6,86g/100g), o que não deveria ocorrer esse fato, pois a polpa decorrente de secagem elimina parte da água do produto, assim, concentrando esses teores. A justificativa pode estar na incorporação de água na polpa juntamente com a concentração de albumina para formação das espumas. Como ocorreu no estudo de Bezerra et al. (2011), que encontraram para açúcares redutores e totais da polpa de manga e Tommy Atkins, 4,25 e 4,10%, e, 8,55 e 11,28 %, respectivamente, e analisando a polpa, obtiveram, 36,32 e 29,14%, e, 40,47 e 39,42% para açúcares redutores e totais do pó da manga Rosa e Tommy Atkins; e também encontrado por Alexandre et al. (2014) na pitanga em pó os valores de 47,60; 24,79 e 21,65%, respectivamente para: açúcares totais, redutores e não redutores.

O valor de ácido ascórbico dos pós entre os experimentos (0,0488 a 0,0513 mg/100g) aumentaram em comparação a polpa *in natura* (0,029 mg/100g), como já comprovado em estudos citados anteriormente, por Bezerra et al. (2011), e comparando com Moreira et al. (2015), que trabalharam com a manga Tommy Atkins, obtiveram valores desse parâmetro de 34,37 e 52,76 mg/100g; para a polpa e para o pó respectivamente. Já no mesmo estudo de Bezerra et al. (2011), para a manga Tommy Atkins, ocorreu uma diminuição de 0,02; onde a polpa tem 36,24% e o pó foi constatado com 36,22% de ácido ascórbico.

O valor de solubilidade entre os experimentos variaram entre 50,81 a 32,69%; valor esse divergente aos encontrados por Dieb et al. (2015), que foi de 75,65 a 86,98% para os pós de graviola. Essa baixa solubilidade, pode ter ocorrido pelo fato do pó não ter sido totalmente triturado no liquidificador.

A molhabilidade dos pós do umbu-cajá obtiveram um tempo, em torno de 4 minutos. Em estudo realizado por Sierra et al. (2007) obtiveram valores entre 1,3 a 3,8; os pós do umbu-cajá em hipótese poderia ter tido um menor tempo, caso, tivesse partículas menores, alcançadas a partir da trituração no liquidificador, assim como a insolubilidade, citado anteriormente.

O tempo de reconstituição das amostras em pó confirma os dados obtidos na molhabilidade, onde também foi gasto o mesmo tempo (em torno de 4 minutos) para

todos os experimentos. Foi utilizado um tempo 3x maior que o encontrado por Silva (2016), que foi de 30 segundos.

A medida do ângulo de repouso foi utilizada para caracterizar o comportamento dos pós de umbu-cajá durante o escoamento. O ângulo obtido variou entre 12,90 a 14,55°, bem menor ao encontrado por Medeiros (2001) que foi realizado para a polpa de manga, polpa 1 (pectina), polpa 2 (açúcar), polpa 3 (gordura), polpa 5 (fibras) e polpa 9 (amido), com valores respectivos de: 26,6; 24,5; 31,0; 23,0; 31,5 e 21,0°.

Os valores do rendimento do umbu-cajá nos pós variaram de 7,35-8,86% nos diferentes experimentos do planejamento experimental fatorial, apresentaram diferenças estatísticas entre os experimentos, podendo ser explicado pela variação da concentração de albumina e variação do tempo de batimento nas espumas elaboradas. O maior rendimento obtido foi no experimento 2 pela maior concentração de albumina (10%) e menor tempo de batimento (1 minuto).

Os produtos em pó nos experimentos 1 e 3 com a concentração de albumina de 5,0 g e no tempo de 1 minuto e no tempo de 3 minutos, respectivamente, obtiveram valores similares nos parâmetros de °Brix, teor de água, cinzas, fibras, açúcares redutores e não-redutores e açúcares totais, ácido ascórbico, insolubilidade e molhabilidade e tempo de escoamento.

6. CONCLUSÕES

- Dentre as formulações testadas, a espuma com melhor comportamento foi composta por polpa de umbú-cajá, 10g de albumina com tempo de batimento de 1 minuto;
- O experimento 3 obteve melhores ajustes dos modelos testados (Page, Henderson & Pabi e Logarítmico) aos dados experimentais pelo maior R^2 e menor DQM;
- O processo de secagem alterou as características físicas, químicas e físico-químicas dos pós de umbu-cajá, quando comparados com a polpa integral;
- Os pós de umbu-cajá nos experimentos 1 e 3 obteve resultados similares para teor de água, sólidos solúveis totais, cinzas, fibras, ácido ascórbico, insolubilidade, molhabilidade, tempo de reconstituição e rendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, Hofsky Vieira et al. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.

ALVES, S. M.; SILVEIRA, A. M. Estudo da secagem de tomates desidratados e não desidratados osmoticamente. **Revista de Ciências Exatas**, v. 21, n. 1, p. 21-30, 2013.

ARAÚJO, Tayla Maria Ramos et al. SECAGEM DE POLPA DE GOIABA PELO MÉTODO DE CAMADA DE ESPUMA. **Encontros Universitários da UFC**, v. 1, n. 1, p. 1755.

BEZERRA, Tânia Sulamytha et al. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Ceres**, v. 58, n. 3, 2015.

BREDA, Caroline Alves; JUSTI, Priscilla Narciso; SANJINEZ-ARGANDOÑA, Eliana Janet. Efeito da desidratação foammat na retenção da vitamina C da polpa de cajamanga. **Alimentos e Nutrição Brazilian Journal Foods Nutrition, Araraquara**, v. 24, n. 2, p. 189-193, 2013.

CARVALHO, MARCELA SILVA. **PRODUÇÃO DE POLPA DE ABÓBORA EM PÓ PELO PROCESSO DE SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

CHAVES, Modesto A. et al. Physicochemical and sensory properties of purple Brazilian cherry (*Eugenia uniflora*, L.) foams. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, n. 8, p. 1688-1697, 2013.

CHEN, X. D., MUJUMDAR, A. S. **Drying Technologies in Food Processing**. Blackwell Publishing Ltd, 2008. 326p.

CHONG, C. H.; LAW, C. L. **Drying of Exotic Fruits. In: Vegetables and Fruits - Volume 2**, Ed. Jangam, S.V., Law, C.L. and Mujumdar, A.S., Singapore, p. 1-42, 2011.

DANTAS, Suziani Cristina de Medeiros. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DE CARVALHO, Paulo César Lemos et al. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no Estado da Bahia. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

DE FARIA, Rute Q. et al. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 573-584, 2012.

DE OLIVEIRA, Emanuel Neto Alves et al. Perfil sensorial de geleias tradicionais de umbu-cajá. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, 2013.

DIEB, J. T. et al. SECAGEM DA POLPA DE GRAVIOLA PELO PROCESSO FOAM-MAT E AVALIAÇÃO SENSORIAL DO PRODUTO OBTIDO. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 3, p. 2028-2033, 2015.

DOS SANTOS, Márcio Barros et al. CARACTERIZAÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE UMBU-CAJÁ (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) PROVENIENTES DO RECÔNCAVO SUL DA BAHIA1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2010.

ELISETH, DE SOUZA VIANA et al. DESENVOLVIMENTO DE GELEIA DE UMBU-CAJÁ CONVENCIONAL E DIETÉTICA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 708-717, 2015.

GURGEL, Camilla Emanuelle Mendes Rocha. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma-desempenho do processo e características do produto**. 2014. Dissertação de Mestrado. Brasil.

KADAM, D. M.; WILSON, R. A.; KAUR, S. Determination of biochemical properties of foam-mat dried mango powder. **Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 8, p. 1626–1632, 2010.

KOROISHI, E. T.; BOSS, E. A.; MACIEL, R. M. W.; MACIEL FILHO, R. Process development and optimization for freeze-drying of natural orange juice. **Journal of Food Process Engineering**, v. 32, n. 3, p. 425–441, 2009.

LIMA, E. D. P. A. et al. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* spp) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.

LIMA, Renata de Aquino Brito et al. Análise da secagem convectiva de folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). 2013.

MATTIETTO, R. de A.; LOPES, A. S.; DE MENEZES, H. C. Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

MATTOS, Ágatha Carolina Henningen de. Determinação da molhabilidade de materiais particulados na indústria alimentícia. 2012.

MEDEIROS, Maria de Fátima Dantas de et al. Influência da composição química dos materiais no desempenho do processo de secagem de polpas de frutas em leito de jorro. 2001.

MOREIRA, Teresinha B. et al. Comportamento das isoterms de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 10, 2013.

OLIVEIRA, Arali da S. et al. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 19, n. 2, 2015.

OLIVEIRA, Emmanuel NA. Processamento, caracterização e armazenamento de geleia tradicional e dietética de umbu-cajá. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 212-212, 2012.

OLIVEIRA, ENA d et al. Estabilidade de geleias convencionais de umbu-cajá durante o armazenamento em condições ambientais. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, SciELO Brasil**, v. 18, n. 3, p. 329-337, 2014.

PATRÍCIA, M. de A.; DE FIGUEIRÊDO, Rossana MF; QUEIROZ, Alexandre J. de M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v. 24, n. 3, p. 384-389, 2004.

PEREIRA, DANIELA ALMEIDA. Extração aquosa de própolis e secagem em leito de espuma para uso em alimentos. **Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia**, 2008.

PINTO, E. G. Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leito de espuma. **Dissertação de mestrado em engenharia de alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia–Itapetinga, BA**, 2009.

SANTANA, Ivonilda Barbosa Brito et al. Variabilidade genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise de marcadores ISSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 868-876, 2011.

SANTOS, Calila Teixeira et al. Cinética e modelagem da secagem de carambola (Averrhoa

carambola L.) em secador de bandeja. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 3, 2010.

SANTOS, Márcio Barros dos UFRB et al. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 2010.

SOUSA, Amanda Sabino de et al. QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DE POLPAS DE UMBU-CAJÁ E CAJÁ COMERCIALIZADAS EM MOSSORÓ, RN. **Hig. aliment**, v. 31, n. 272/273, p. 42-46, 2017.

SANTOS, J. T. S. et al. Avaliação de mangaba liofilizada através de parâmetros físico-químicos. **Scientia Plena**, v. 8, n. 3 (a), 2012.

SIERRA, D. M.; ROSA, N. N.; GABAS, A. L. Influência da adição de maltodextrina na atomização de polpa de manga em spray dryer. **Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP**, p. 444-50, 2007.

SILVA, Ana Cristina Bezerra da et al. Estudos da viabilidade da secagem de polpa de maracujá (*Passiflora Edulis*) pelo método Foam Mat. 2016.

SILVA, G.G.; MORAIS, P. L. D.; ROCHA, R. H. C.; SANTOS, E. C.; SARMENTO, J. C. A. Caracterização do fruto de cajaranazeira em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 2, p. 159-163, 2009.

SOARES, Eliana Costa et al. DESIDRATAÇÃO DA POLPA DE ACEROLA. **Ciênc. Technol. Aliment**, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SOUSA, KARLA DOS SANTOS MELO DE et al. Production and characterization of atemoya pulp powder. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 718-728, 2015.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influencia das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 212 f. Tese (Doutorado Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

TONON, Renata Valeriano; BRABET, Catherine; HUBINGER, Míriam Dupas. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, 2013.

VIEIRA, Ana Paula; NICOLETI, Joel Fernando; TELIS, Vânia Regina Nicoletti. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, p. 50-58, 2012.