

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

IASMYN IRENNY DE SOUZA COSTA

SECAGEM DA FOLHA DO MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.)
PELO MÉTODO DE CAMADA DE ESPUMA

JOÃO PESSOA - PB

2022

IASMYN IRENNY DE SOUZA COSTA

**SECAGEM DA FOLHA DO MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.) PELO
MÉTODO DE CAMADA DE ESPUMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Josilene de Assis Cavalcante

Coorientador: Prof. Dr. Nagel Alves Costa

JOÃO PESSOA – PB

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838s Costa, Iasmyn Irenny de Souza.
Secagem da folha do manjericão (*Ocimum basilicum* L.)
pelo método de camada de espuma / Iasmyn Irenny de
Souza Costa. - João Pessoa, 2022.
83 f. : il.

Orientação: Josilene de Assis Cavalcante.
Coorientação: Nagel Alves Costa.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Engenharia química. 2. Manjericão. 3. Secagem. 4.
Agente espumante. 5. Modelo matemático. I. Cavalcante,
Josilene de Assis. II. Costa, Nagel Alves. III. Título.

UFPB/BC

CDU 66.0(043)

IASMYN IRENNY DE SOUZA COSTA

**SECAGEM DA FOLHA DO MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.) PELO
MÉTODO DE CAMADA DE ESPUMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Aprovada em 30 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA



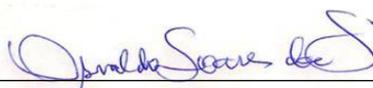
Profa. Dra. Josilene de Assis Cavalcante – PPGEQ/CT/UFPB
(Orientadora)



Prof. Dr. Nagel Alves Costa – PPGEQ/CT/UFPB
(Co-orientador)



Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva – PPGEQ/CT/UFPB
(Examinador Interno)



Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva – PPGEQ/CCT/UFCG
(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela proteção, saúde e por ter me dado forças para superar as dificuldades.

Aos meus pais, Maria Aparecida e José Moura, por todo esforço, amor e ajuda.

À minha Avó, Maria Moura (*in memoriam*), por ter sido meu exemplo de fortaleza.

Ao meu esposo, Mauricio Santos, por me incentivar, pela paciência e amor.

Às minhas amigas/irmãs de coração que levo para vida.

À minha orientadora Josy, pela compreensão, ensinamentos, aconselhamentos, carinho, apoio, orientações e disponibilidade para ajudar sempre que preciso durante toda a pesquisa.

Ao professor Nagel pela atenção e dedicação durante o decorrer do mestrado.

Aos Professores Flávio Luiz e Osvaldo Soares, pela disponibilidade em participar da banca.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química por todo conhecimento compartilhado durante o decorrer do mestrado.

A todos os amigos e companheiros da UFPB, do laboratório de Termodinâmica e dos laboratórios do Centro de Tecnologia, em especial a Paloma, Valdenice, Elaine, Martha, Andressa, Maria Eduarda, Fabrício, Rafael, Nicholas, Cleidiana e Alexandro.

À CAPES pelo apoio financeiro que tornou a realização deste trabalho possível.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta, muito OBRIGADA!

**Se teus sonhos não te assustam, eles não
são grandes o suficiente.**

Ellen Johnson Sirleaf

RESUMO

A espécie *Ocimum basilicum* L., popularmente conhecida como manjeriço, alfavaca, basilicão, entre outros, é uma planta que apresenta grande valor econômico, sendo utilizada como planta medicinal, ornamental, aromática, na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. A folha de manjeriço é altamente perecível, não sendo capaz de ser conservada por muitos dias. Para preservar as propriedades existentes na planta, o método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) se apresenta como alternativa simples, de baixo custo e capaz de aumentar a vida útil. Dessa maneira, o objetivo desse trabalho foi obter e avaliar a qualidade do pó da folha de manjeriço através da secagem em camada de espuma utilizando um agente espumante. A espuma foi caracterizada analisando sua estabilidade, densidade, capacidade de incorporação de ar, expansão, umidade e pH. O processo de secagem seguiu um planejamento experimental fatorial completo de $2^3 + 3$ pontos centrais, totalizando 11 experimentos, para verificar a influência das variáveis independentes: concentração de agente espumante (3, 4, 5%), tempo de agitação (4, 5 e 6 minutos) e temperatura de secagem (50, 60 e 70 °C) sobre as variáveis dependentes (tempo final de secagem) e sobre as características do pó obtido (rendimento teórico, atividade de água, solubilidade, teor de umidade, teor de cinzas, pH e SST) através de análise estatística. Com os dados da secagem foram plotadas as curvas de cinética e de taxa de secagem. Os resultados apresentaram uma curva típica de secagem, representada por dois períodos, o período constante e o período de taxa decrescente. Observou-se que o aumento da temperatura de secagem proporcionou uma redução no tempo de secagem, sendo o menor tempo obtido no experimento de máximas condições do planejamento experimental. As maiores taxas de secagem também foram apresentadas nos experimentos à temperatura de 70 °C e as menores na temperatura de 50 °C. O modelo matemático com o melhor ajuste para os dados experimentais foi o modelo de Page. Os pós obtiveram como resultado pH levemente ácido, em torno de 6,02. Atividade de água em média de 0,360 dentro dos parâmetros exigidos pela legislação. A umidade do pó variou entre 6,98 e 9,02%. O pó da folha de manjeriço mostrou teor de cinzas com média de 12,35 %, sólidos solúveis abaixo de 2,5 °Brix e índice de solubilidade em água entre $20,55 \pm 0,07\%$ e $54,58 \pm 0,14\%$. Ao comparar o pó obtido por secagem em camada de espuma com o pó obtido por liofilização temos produtos com características semelhantes. As características da folha de manjeriço foram preservadas, indicando que a técnica de secagem em camada de espuma é um processo viável para a obtenção da sua forma em pó.

Palavras-Chave: Estabilidade; agente espumante; atividade de água; modelo matemático.

ABSTRACT

The species *Ocimum basilicum* L., popularly known as basil, basil, basilicão, among others, is a plant that has great economic value, being used as a medicinal, ornamental, aromatic plant in the food, pharmaceutical and cosmetics industry. Basil leaf is highly perishable, not being able to keep for many days. To preserve existing plant properties, the foam-mat drying method presents a simple, low-cost alternative capable of increasing shelf life. In this way, the objective of this work was to obtain and evaluate the quality of the basil leaf by drying in a foam layer using a foaming agent. The foam was analyzed. The control operation of choosing an experiment 3 midpoints, making 3 midpoints, making 11 experiments complete, for an influencing agent 3, experimental, 5% of the independent influences (4.5 and total independent factors) 6) and drying temperature (50, 60 and 70 °C) on the dependent variables (final drying time) and on the characteristics of the powder obtained (theoretical time, water activity, solubility, moisture content, ash content), pH and SST) through statistical analysis. With the drying data they were plotted as kinetic and drying rate curves. The results showed a typical drying curve, represented by two periods, the constant period and the decreasing rate period. It was observed that the increase of the drying temperature provided a reduction in the drying time, being the smallest time obtained in the experiment of maximum conditions of the experimental design. The highest drying rates were also presented in the experiments at a temperature of 70 °C and the lowest at a temperature of 50 °C. The mathematical model with the best fit for the experimental data was the Page model. The powders resulted in a slightly acidic pH, around 6.02. Average water activity of 0.360 within the parameters required by legislation. The powder moisture varied between 6.98 and 9.02%. The basil leaf powder showed ash content with an average of 12.35%, soluble solids below 2.5 °Brix and water solubility index between $20.55 \pm 0.07\%$ and $54.58 \pm 0.14\%$. When comparing the powder obtained by drying in a foam layer with the powder obtained by lyophilization, we have products with similar characteristics. The characteristics of the basil leaf were preserved, indicating that the foam layer drying technique is a viable process for obtaining its powder form.

Keywords: Stability; foaming agent; water activity; mathematical model.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1 PLANTAS MEDICINAIS.....	14
3.2 MANJERICÃO (<i>Ocimum basilicum</i> L)	15
3.3 COMPOSTOS E USOS DA ESPÉCIE	17
3.4 SECAGEM	19
3.4.1 Secagem em camada de espuma.....	21
3.4.2 Cinética de secagem	21
3.4.3 Modelos matemáticos	23
4 MATERIAS E MÉTODOS.....	25
4.1 MATÉRIA-PRIMA	25
4.2 PREPARAÇÃO DO COMPOSTO VEGETAL.....	26
4.3 CARACTERIZAÇÃO DO COMPOSTO VEGETAL.....	26
4.4 PRODUÇÃO DA ESPUMA	27
4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ESPUMA	27
4.5.1 Estabilidade da espuma	27
4.5.2 Densidade da espuma	28
4.5.3 Expansão volumétrica.....	29
4.5.4 Capacidade de incorporação de ar (<i>over run</i>).....	29
4.5.5 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)	30
4.5.6 Determinação do teor de umidade (%)	30
4.6 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL COMPLETO.....	31
4.7 SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA.....	32
4.8 CINÉTICA DE SECAGEM	34
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA E AJUSTE MATEMÁTICO	34
4.10 SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO.....	35
4.11 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO PÓ	35
4.11.1 Atividade de água	35
4.11.2 Rendimento teórico.....	35
4.11.3 Determinação de sólidos solúveis totais – SST (°Brix)	36
4.11.4 Determinação do teor de cinzas (%).....	36
4.11.5 Determinação do índice de solubilidade em água (ISA)	36
4.11.6 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)	37
4.11.7 Determinação do teor de umidade (%)	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 TESTES PRELIMINARES PARA PRODUÇÃO DA ESPUMA	38
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA.....	39
5.2.1 Estabilidade	39

5.2.2 Densidade	42
5.2.3 Percentual de expansão (%).....	43
5.2.4 Capacidade de incorporação de ar (<i>Over run</i>).....	45
5.2.5 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)	46
5.2.6 Determinação do teor de Umidade da espuma	48
5.3 SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA.....	49
5.3.1 Análise estatística das variáveis independentes.....	49
5.3.2 Cinética de secagem	53
5.3.3 Ajustes matemáticos dos dados experimentais.....	57
5.4 CARACTERIZAÇÃO DO PÓ DA FOLHA DE MANJERICÃO.....	63
5.4.1 Determinação do pH e Sólidos Solúveis Totais (SST).....	64
5.4.2 Determinação do Rendimento Teórico (RT) e do índice de solubilidade em água (ISA)	66
5.4.3 Determinação da atividade de água (a_w) e Umidade (%)	67
5.4.4 Determinação do teor de cinzas (macronutriente) do pó da folha de manjeriçãõ	69
6 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS.....	73
APÊNDICES	81

1 INTRODUÇÃO

O manjericão é uma planta da família Lamiaceae, pertencente ao gênero *Ocimum*, cuja principal espécie é o *Ocimum basilicum* L. (BLANK et al., 2004). O gênero *Ocimum* é conhecido vulgarmente como alfavaca-doce, manjericão, basilicão, remédio-de-vaqueiro, erva-real e de outras distintas formas ao longo do tempo que se pratica o cultivo dessa espécie (LAMEIRA e PINTO, 2008).

As diferentes espécies ou variedades de manjericão podem ser classificadas em função dos aromas: doce, limão, cinamato ou canela, cânfora, anis e cravo e também a partir de características morfológicas da planta como: porte, tamanho e coloração das folhas (PRAVUSCHI, RIGOLIN e MARQUES, 2007).

Segundo Couto (2006) o manjericão é uma planta herbácea de uso medicinal, aromático e condimentar bastante ramificada, que pode atingir de 60 a 100 cm de altura, podendo ser anual ou perene dependendo da região em que é cultivado (BLANK et al., 2007).

Entre as ervas aromáticas, o manjericão (*Ocimum basilicum* L.) possui importância econômica no Brasil, devido ao seu consumo *in natura* e em processamento industrial. (CARVALHO FILHO et al., 2006), sendo utilizado na gastronomia, na indústria alimentícia, no paisagismo, na medicina popular, na indústria farmacêutica e de perfumes e na produção de óleos essenciais (JANNUZZI, 2013).

É uma planta tradicionalmente utilizada como erva medicinal no tratamento de dor de cabeça, tosse e diarreia. Seu óleo essencial tem sido muito usado como condimento em carnes, saladas, bebidas não alcoólicas, sorvetes e na indústria de perfume e produtos de higiene bucal (LOUGHRIN e KASPERBAUER, 2001).

O extrato do manjericão possui atividades antimicrobianas e antioxidantes, devido aos seus compostos fenólicos e aromáticos. Os principais compostos fenólicos descritos no manjericão são ácidos fenólicos e flavonol glicosídeos. Além disso, o manjericão possui propriedades inseticidas e antifúngicas (FILIP et al., 2014).

A folha de manjericão é altamente perecível, não sendo capaz de ser conservada por muitos dias, exigindo assim o consumo imediato, ou técnicas de conservação pós-colheita com a finalidade de evitar a decomposição dos compostos de interesse. Neste sentido, o processo de secagem se mostra eficaz a fim de conservar a qualidade do produto.

De acordo com Martinazzo et al. (2013) a secagem e o armazenamento são etapas fundamentais dentre os processos pós-colheita para a obtenção de produtos de qualidade. O processo de secagem resulta em considerável redução de volume e indiretamente redução de

custos em transportes e manipulação do produto, além de permitir a conservação das plantas por um período superior (SILVA e CASALI, 2000).

Dentre as técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (*foam mat drying*), destaca-se por ser um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis através de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados (SILVA et al., 2008).

O processo de secagem em camada de espuma é considerado mais simples e barato em comparação a outros métodos. Apresenta vantagens como a utilização de baixas temperaturas e tempos mais curtos de secagem, sendo esses benefícios atribuídos a maior área de superfície exposta ao ar de secagem, acelerando assim o processo de retirada de umidade (FRANCO et. al., 2017; SANGAMITHRA et al. 2014).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Obtenção do pó da folha do manjericão (*Ocimum basilicum* L) utilizando a técnica de secagem em camada de espuma.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir os parâmetros e as variáveis operacionais para o processo de secagem em camada de espuma;
- Realizar a caracterização físico-química da espuma: densidade, capacidade de incorporação de ar (*over run*), percentual de expansão da espuma, estabilidade, potencial hidrogeniônico (pH) e umidade;
- Realizar o estudo cinético da secagem da folha do manjericão, baseado em planejamento fatorial completo: $2^3 + 3$ pontos centrais (totalizando 11 experimentos), variando os parâmetros: tempo de agitação, concentração do espumante e temperatura de secagem;
- Realizar o ajuste das curvas de secagem obtidas a partir de modelos matemáticos;
- Realizar caracterizações físicas e físico-químicas dos pós obtidos por secagem em camada de espuma e comparar com o pó da folha de manjericão obtido por secagem por liofilização.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 PLANTAS MEDICINAIS

Há muitos anos, a utilização de plantas medicinais é um dos meios mais conhecidos para a prevenção e tratamento de diversas patologias. Em diversas culturas, os antepassados percebiam o poder de cura das plantas e as cultivavam, repassando os conhecimentos por gerações. Contudo, com os avanços científicos e tecnológicos, este conhecimento passou a ser desvalorizado por muitos profissionais de saúde, que apenas indicam o tratamento com medicamentos sintéticos, muito embora a maioria destes medicamentos tenha origem em protótipos naturais. Hoje, entretanto, as políticas de saúde buscam cada vez mais restabelecer o uso de plantas medicinais e medicamentos fitoterápicos (FEIJÓ et al., 2012; ZUCCHI et al., 2012; FRANÇA et al.; 2008; VEIGA JUNIOR, 2008).

De acordo com Lopes et al. (2005), planta medicinal é toda planta que administrada ao homem ou animal, por qualquer via ou forma, exerça alguma ação terapêutica. O tratamento feito com uso de plantas medicinais é denominado de fitoterapia, e os fitoterápicos são os medicamentos produzidos a partir dessas plantas. Sendo assim, a fitoterapia é caracterizada pelo tratamento com o uso de plantas medicinais e suas diferentes formas farmacêuticas, sem a utilização de princípios ativos isolados (SCHENKEL; GOSMAN; PETROVICK, 2000).

Segundo Maciel et al. (2002) as observações populares sobre o uso e a eficácia de plantas medicinais contribuem de forma relevante para a divulgação das potencialidades terapêuticas das plantas, e também desperta o interesse de pesquisadores de áreas como a botânica, farmacologia e fitoquímica, enriquecendo o conhecimento e intensificando a utilização de muitas plantas.

A utilização de plantas pelo homem objetivando a promoção e manutenção de sua saúde é comprovada historicamente por registros de longa data, como por exemplo, os egípcios, assírios, mesopotâmicos, indianos e chineses. As plantas serviam para afecções variadas, desde febres, distúrbios psicológicos e gastrointestinais, a infecções bacterianas, acne, gota, e até epilepsia, pelo emprego de formulações simples, como cataplasmas, chás, decoctos, pós, defumadouros, tinturas e outras formulações herbais (BALUNAS e KINGHORN, 2005; HALBERSTEIN, 2005).

Além de plantas (frescas e/ou secas), alguns alimentos e especiarias também podem ser considerados plantas medicinais, por além de sua utilidade na culinária possuírem fitoquímicos, vitaminas e sais minerais (KALLUF, 2008).

O processo de secagem em plantas se torna eficaz, visto que as indústrias de fármacos se interessam em especial por extratos secos, pois as formas farmacêuticas sólidas apresentam precisão de dosagem e facilidade de manuseio, transporte e armazenagem, além das formas farmacêuticas secas apresentarem maiores estabilidade química, física e microbiológica (PACHU, 2007).

3.2 MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L)

O manjericão pertence à família Lamiaceae, tem entre 50 a 150 espécies na Ásia Tropical, África, América Central e América do Sul, tem a sua origem no continente asiático e na África Central (PEREIRA e MOREIRA, 2011; HANIF et al., 2011; ROSADO et al., 2011; SILVA et al., 2005;).

O manjericão é a espécie da família Lamiaceae mais intensamente cultivada no Brasil. Alguns autores relatam que sua implantação no país foi intensificada após a chegada dos imigrantes italianos, já que, para eles, a planta faz parte de uma tradição culinária muito forte (KÉITA et al., 2001).

O manjericão é conhecido como erva rainha. A palavra *basilicum* é originária do grego basilikon e significa rei. O nome genérico *Ocimum* é originário do grego ózein, que significa cheiro. O fato de ser chamada de erva rainha é que na antiguidade, era tratada como algo real, tanto que a colheita era feita mediante ritual, onde somente as pessoas da realeza podiam colher o manjericão e com o auxílio de uma foice feita de ouro (ALMEIDA, 2011; SANTOS, 2007).

O manjericão é uma planta que pode ser cultivada como anual ou perene, dependendo do local e do manejo em que é cultivado, com um aroma e perfume característico, podendo atingir um metro de altura (BLANK et al., 2004).

A planta é bastante ramificada (Figura 3.1), a propagação é por semente ou estaquia.

Figura 3.1 – Planta Manjericão (*Ocimum basilicum* L).



Fonte: Pereira e Moreira (2011)

E as folhas são simples, membranáceas, opostas com tamanho e formato variado, ovaladas, pubescentes e de cor verde brilhante (Figura 3.2), avermelhada ou roxa, a inflorescência é do tipo cimeira espiciforme e as flores podem ser brancas, rosas ou arroxeadas e o fruto é do tipo aquênio com sementes oblongas, pretas e pequenas. O manjericão de cor verde é o mais conhecido, sendo as espécies com folhas avermelhadas mais raras e mais aromáticas (COUTO, 2006).

Figura 3.2 – Folhas de manjericão.



Há mais de 60 variedades descritas, com variações na cor, tamanho e forma das folhas, porte da planta e concentração de aroma. As folhas do manjericão apresentam sabor e aroma doce e picante característico e são utilizadas secas ou frescas na preparação de diversos pratos quentes ou frios. Além disso, essas espécies são caracterizadas também pela presença de numerosos tricomas glandulares que recobrem a maior parte dos órgãos aéreos. A grande importância econômica dessa família se deve principalmente aos óleos essenciais produzidos e armazenados nessas estruturas (MARTINS, 1996).

De acordo com Blank et al., 2004, o aroma dos manjericões pode ser classificado em doce, limão, cinamato ou canela, cânfora, anis e cravo. A grande variação nas características morfológicas entre as variedades de manjericão, como cor de folhas, nervuras, talos e flores, caráter folha, a ausência de flores do acesso tradicional ou local, entre outras, dificulta a classificação das diversas variedades de *Ocimum basilicum* L., provavelmente devido à ocorrência de polinização cruzada, facilitando hibridações, resultando, dessa maneira, um grande número de subespécies, variedades e formas.

Cariovic et al. (2011), em um dendrograma com base nas características morfológicas de variedades e tipos de *Ocimum basilicum* L., consideraram a existência de seis grupos: I- manjericões de folhas pequenas (manjericões anões e os tipos “Folha Fina”.); II- manjericões tipo “Folha de Alface” (“Folha de Alface”, Mamute e assemelhados); III – manjericões verdadeiros (“Genovese” e “Sweet Basil”); IV- manjericões roxos – A (*Ocimum basilicum* var. *purpurascens* e quatro outros assemelhados); V- manjericões roxos – B (também roxos, destacando-se Dark Opal e Rubin) e VI manjericões roxos – C (roxos dos tipos Purple Rufles e Moulin Rouge).

3.3 COMPOSTOS E USOS DA ESPÉCIE

O manjericão (*Ocimum basilicum* L.) é uma planta aromática utilizada desde os tempos antigos e cujas propriedades medicinais são consagradas pelo uso popular. Por apresentar óleos essenciais e princípios ativos importantes, o manjericão tornou-se alvo de muitas pesquisas, despertando grande interesse industrial para a utilização na área alimentícia, de fármacos e cosméticos (RABELO et al., 2003).

Na indústria alimentícia é utilizada como condimento, seja na forma fresca ou na forma seca. Em alguns países o manjericão é utilizado para aromatizar pratos de carnes, saladas, guisados e etc. O manjericão também serve de aroma para molhos, *ketchups*, pasta de

tomate, pickles, coberturas, vinagre, geleias e até mesmo dar perfume a cremes dentais (LINGUANOTO NETO, 2006).

Algumas variedades de manjericão são utilizadas na culinária para confecção de bolos ou ornamentação de pratos. Seu uso culinário não é limitado e em vários locais do mundo se utiliza essas plantas devido ao aroma e sabor inconfundíveis, sendo demandadas como temperos em refeições e bebidas (PEREIRA e MOREIRA, 2011).

Estudos revelam que as folhas do manjericão, comumente utilizado como tempero, pode, também, exercer efeitos benéficos na glicemia e nos lipídeos plasmáticos, podendo, portanto, ser coadjuvante na prevenção de diabetes e suas complicações secundárias, além de distúrbios cardiovasculares (MACHADO et al., 2011).

A planta é indicada na medicina popular e na fitoterapia, no tratamento de estafa física, mental e nervosa, dores de ouvido, afecções renais, insônia, enxaqueca, afecções das vias respiratórias (faringite, laringite), digestiva, antiespasmódica, febre, antirreumática, antisséptica, bactericida, analgésica, carminativa e tônica (CARVALHO, 2004).

O manjericão possui muitos compostos antioxidantes, podendo prevenir ou retardar a oxidação lipídica em alimentos mantendo suas qualidades nutricionais, podendo ser também usado de forma medicinal na prevenção e cura de doenças associadas aos danos oxidativos (DANESI et al., 2008). Dentre as substâncias encontradas com poder antioxidante estão: compostos fenólicos (flavonoides, ácidos fenólicos e taninos), os nitrogenados (alcaloides, aminoácidos, fosfolipídeos, peptídeos, aminas e derivados de clorofila), os pigmentos carotenoides, tocoferóis, ácido ascórbico, ácido fítico e esteróis (VELIOGLU, MAZZA, GAO, & OOMAH, 1998).

Os principais constituintes químicos presentes nas plantas são os óleos essenciais, os taninos, saponinas, flavanóides, ácido caféico e esculosídeo. A planta não apresenta toxicidade e, portanto, não é necessária nenhuma precaução no seu manuseio (LAMEIRA e PINTO, 2008).

Os óleos essenciais do manjericão são extraídos de suas folhas e flores e apresentam propriedades inseticidas, repelentes, antimicrobianas, podendo ser aplicado na conservação de grãos (PRAVUSCHI et al., 2010; FERNANDES et al., 2004).

Os componentes majoritários do óleo essencial do manjericão são o linalol, estragol, metil cinamato, eugenol, 1,8-cinelol, metil chavicol, geranial, neral e óxido cariofileno (EKREN et al., 2012).

No mercado internacional, o óleo de manjericão é muito valorizado em função da alta concentração de linalol (SOARES et al., 2007). Durante muitos anos, a principal fonte

natural do linalol foi o pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), uma árvore da flora amazônica, que, em função de ter sido utilizada de modo não sustentável e em larga escala para extração do óleo essencial, foi incluída pelo IBAMA na lista de espécies ameaçadas de extinção (PRAVUSCHI et al., 2007).

Indústrias farmacêuticas e de cosméticos tem demonstrado grande interesse nessa espécie devido à presença de linalol como constituinte majoritário no seu óleo essencial. O linalol é usado largamente como composto de partida para várias sínteses importantes, como a síntese do acetato de linalila, e testado como acaricida, bactericida e fungicida. Na medicina tem sido aplicado com sucesso como sedativo e, atualmente são analisadas suas propriedades anticonvulsivas. Assim, o linalol possui grande aplicação em várias áreas do conhecimento humano, sendo necessária sua produção em quantidades sempre crescentes (LUZ et al., 2009).

O linalol é largamente utilizado pelas indústrias de cosméticos e aromas estando presente em aproximadamente 70% dos produtos produzidos por estes segmentos da indústria. O eugenol, também presente no óleo de manjeriço, é muito utilizado no ramo da perfumaria e, devido ao seu potencial antisséptico e anestésico, faz parte da composição química de diversos produtos odontológicos (LIMA, 2013).

Os aromas e fragrâncias usadas nos alimentos, bebidas, perfumes e cosméticos são de alto valor no mercado mundial, e o desejo econômico sobre as plantas aromáticas direciona a selecionar as espécies comercialmente cultivadas com boa quantidade e qualidades dos óleos essenciais (PAVIANI, 2004).

O mercado para o cultivo de manjeriço atualmente é bastante heterogêneo, envolvendo a comercialização para diversos fins, como o uso da planta ornamental e em projetos paisagísticos (HABER e CLEMENTE, 2013; FRANÇA et al., 2017).

No manjeriço, enquanto planta com potencial ornamental, a variação nas cores é algo que chama muito a atenção nas plantas do gênero *Ocimum*. Essa variação apresenta uma grande importância para o comércio de plantas ornamentais como para a indústria de corantes, uma vez que o manjeriço é a melhor e mais abundante fonte de antocianinas, pigmentos vermelhos estáveis muito empregados na indústria de alimentos e bebidas (PHIPPEN e SIMON, 2000; VIEIRA et al., 2000).

3.4 SECAGEM

A senescência pós-colheita causa sérias perdas econômicas, causando rápido declínio na qualidade das folhas do manjeriço. Um dos principais objetivos em tecnologia pós-

colheita é atrasar o aparecimento dos sintomas de senescência em vegetais. O manjericão por ser planta tropical é susceptível a injúria por frio, que causa aparecimento de lesões escuras nas folhas (COSTA et al., 2013; HASSAN e MAHFOUZ, 2010).

Devido à deterioração rápida, os produtos perecíveis como as hortaliças folhosas, não têm potencial de conservação além de alguns dias ou semanas, exigindo assim o consumo imediato, ou técnicas de conservação pós-colheita (MESSIAS, 2004).

Um dos processos utilizados para aumentar a vida útil e diminuir o teor de umidade das folhas é a secagem. As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais: a facilidade na conservação do produto; a estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; a proteção contra degradação enzimática e oxidativa; a redução da massa do produto; a economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (CELESTINO, 2010; DANTAS, 2010; FEMENIA et al., 2009).

Para a indústria de alimento, o processo de secagem é tradicionalmente utilizado para preservação de alimentos, pois diminui a disponibilidade de água (atividade de água) para reações de deterioração, aumenta a estabilidade e reduz o volume. Combinando a economia de volume e massa no transporte e no armazenamento em razão da compactação e da leveza, com os efeitos benéficos da estabilidade microbológica e química permitindo que o produto tenha maior durabilidade. Além de agregar valor ao produto final e originar uma nova opção para o mercado (MELO et al., 2013; SILVA, 2008).

A secagem consiste em fornecer calor para evaporar a umidade do material. E para que haja a evaporação de água da superfície do material ao ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície. O movimento da água do interior do material até à superfície é determinado pelos mecanismos de transferência de massa, que indicará a dificuldade de secagem nos materiais (PARK et al., 2007). Essa movimentação ocorre devido à diferença de pressão de vapor d'água na superfície do produto e do ar ao seu redor.

A condição para que um produto seja submetido ao processo de secagem é que a pressão de vapor sobre a sua superfície seja maior do que a pressão de vapor no ar de secagem. A velocidade de secagem de um produto depende além do sistema de secagem, das características do material a ser seco (SILVA et al., 2008).

Os alimentos podem ser desidratados por variados métodos. Para a escolha do melhor método algumas variáveis devem ser levadas em consideração tais como o alimento a ser desidratado, a facilidade do processamento, volume do processado, estado, condições da

matéria-prima e nível de qualidade desejado (FELLOWS, 2006; FREIRE, ROMEU e PASSOS, 1990).

3.4.1 Secagem em camada de espuma

Esta técnica é aplicada à secagem de alimentos líquidos ou semi líquidos, os quais são transformados em uma espuma estável pela incorporação de ar em sua estrutura e adição de agente emulsificante/estabilizante (THUWAPANICHAYANAN, PRACHAYAWARAKORN e SOPONRONNARIT, 2008; RAJKUMAR et al., 2007). Esse método permite uma rápida secagem de alimentos líquidos, tais como sucos de frutas e também para alimentos pastosos como purês e polpas de frutas.

As principais vantagens desse método, quando comparado a outros métodos de secagem de alimentos líquidos como *spray drying* ou secagem por tambor são as baixas temperaturas e curtos tempos de secagem, devido à estrutura da espuma permanecer inalterada durante o processo aumentando a área exposta ao ar quente e facilitando a saída da água, o que preserva melhor o sabor e o valor nutricional. Isso também torna o processo relativamente mais simples e barato. Porém, para atender a elevadas taxas de produção, necessita de equipamentos com grande superfície de secagem, pois a camada de material é muito fina (2 a 5 mm), elevando os custos do processo para grandes produções (MARQUES, 2009; CARNEIRO, 2008).

O menor tempo de exposição do produto a alta temperatura permite a obtenção de produtos em pó com suas características nutricionais preservadas. O que pode gerar grandes possibilidades comerciais (SOUZA, 2011).

A secagem em leito de espuma pode ser aplicada para muitos alimentos sensíveis ao calor, como sucos de frutas. Permite também o processamento de produtos que são difíceis de secar. E ainda permite a produção de materiais que se reidratam facilmente e preservam alguns indicadores de qualidade como: cor, aroma, textura e valores nutricionais (FERNANDES et al., 2014; KARIM e WAY, 1999).

3.4.2 Cinética de secagem

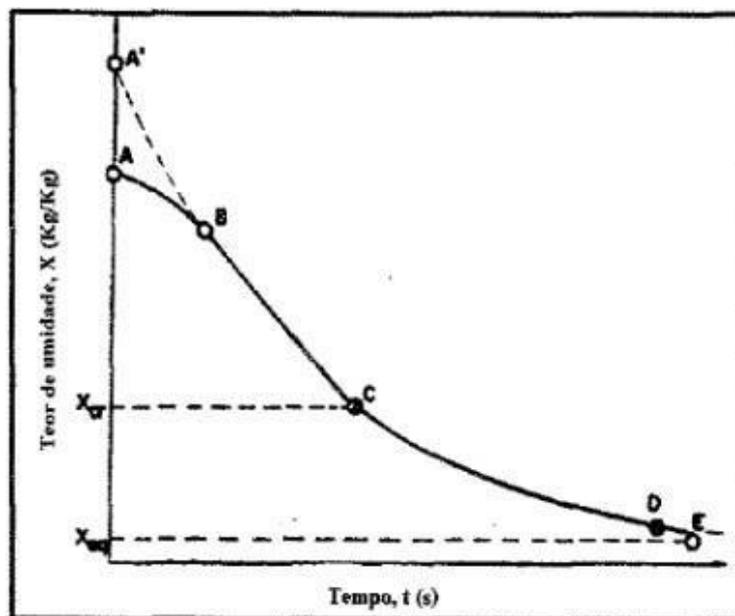
O estudo da cinética de secagem tem como objetivo o conhecimento do comportamento do material estudado ao longo do processo e a predição do tempo de secagem. No processo de secagem de produtos agrícolas, os dados experimentais obtidos são

representados através de curvas relacionando o teor de umidade com o tempo (CARVALHO, 2014).

Keey (1992) afirma que as curvas de secagem podem ser determinadas a partir de dois métodos: através do monitoramento da perda de umidade do material a partir da pesagem direta da amostra ou mediante o monitoramento da umidade do gás de secagem, na entrada e saída do secador, utilizando-se instrumentos adequados, como psicrômetros e higrômetros de infravermelho.

Nas Figuras 3.3 e 3.4 estão representados os períodos das curvas de cinética de secagem e de taxa de secagem, respectivamente.

Figura 3.3 – Representação da curva típica de cinética de secagem.



Fonte: Strumillo e Kudra (1986)

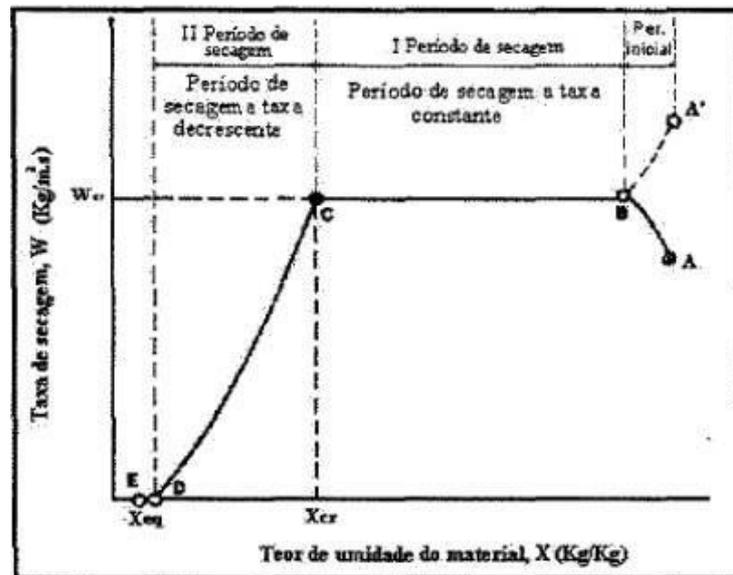
No período inicial da secagem, a mudança do teor de umidade do sólido com o tempo é ilustrada pelo segmento AB. Decorrido um certo tempo, a partir do ponto B, o gráfico assume uma forma linear. Neste período, segmento BC, a taxa de secagem que corresponde à inclinação da reta, permanece constante. A diminuição linear do teor de umidade com o tempo ocorre continuamente até atingir o ponto C, chamado ponto crítico. A partir do ponto C, segmento CD, ocorre o aparecimento de uma curva que se aproxima assintoticamente do teor de umidade de equilíbrio do material (X_{eq}) (STRUMILLO E KUDRA, 1986).

A umidade de equilíbrio de um produto é definida como sendo o menor teor de umidade atingível, nas condições em que é submetida a secagem. Esse equilíbrio é atingido

quando a pressão de vapor no sólido se iguala à pressão parcial de vapor no ar de secagem. (MARCINKOWSKI, 2006).

O período de secagem correspondente ao segmento BC da Figura 3.4 é chamado período de secagem à taxa constante. Após o ponto crítico, ponto C, inicia-se o segundo período de secagem denominado período de secagem à taxa decrescente (NASCIMENTO, 2018).

Figura 3.4 – Curva de Taxa de Secagem



Fonte: Strumillo e Kudra (1986)

Os métodos de cálculo da secagem diferem entre os períodos de taxa constante e decrescente. No caso de taxa constante, a transferência de calor e massa são analisadas na superfície do material em contato com o ar de secagem, já para o período de taxa decrescente as análises são baseadas na transferência internas que governam a secagem (PARK, YADO e BROD, 2001).

3.4.3 Modelos matemáticos

A secagem de alimentos é um fenômeno complexo, que requer representações para a predição do comportamento e otimização de seus parâmetros. Para auxiliar nesta questão, os modelos matemáticos têm sido empregados para estimar o tempo e representar o processo de secagem (SILVA et al., 2008).

A aplicação dos modelos matemáticos é de grande importância na prática, já que os

modelos podem descrever o fenômeno e fornecer informações importantes, reduzindo a quantidade de ensaios em laboratório. Eles também são utilizados para o desenho de novos sistemas e para o controle e melhoria dos já existentes (FRANCO, 2015; WAUGHON e PENA, 2008).

Os modelos puramente convectivos e os modelos difusivos são os mais utilizados para representar a cinética de secagem. Esses modelos são formulados a partir da análise do comportamento de secagem de uma única partícula, geralmente considera todos os parâmetros de transporte constantes (MAYTA, MASSARANI e PINTO, 1996).

Apesar da grande variedade de modelos matemáticos propostos para a descrição do processo de secagem de alimentos, os mais utilizados são os modelos de secagem em camada delgada, que têm a capacidade de descrever o fenômeno de uma maneira unificada, independentemente dos mecanismos de controle (AKPNAR, BICER e YILDIZ, 2003). Tais modelos podem ser classificados como teóricos, semi-teóricos (Page, Logarítmico, Dois termos, Dois termos exponencial, Aproximação por difusão, Henderson e Pabis, entre outros) e empíricos (Wang e Singh) (MCMINN, 2006; DOYMAZ, 2007).

A maioria dos modelos aplicados para a secagem em camada de espuma é baseada na teoria difusional, da segunda Lei de Fick (FRANCO, 2015). Esse modelo expressa o fluxo de massa por unidade de área e é proporcional ao gradiente de concentração de água e a um coeficiente de difusão de água no sólido (GASPARIN, 2012).

Existem inúmeros modelos utilizados para se estimar as curvas de secagem de produtos alimentícios, alguns deles estão representados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Modelos matemáticos empíricos utilizados para prever o processo de secagem.

Nome do Modelo	Modelo
Newton	$RU = \exp(-kt)$
Page	$RU = \exp(-kt)$
Page Modificado*	$RU = a \exp(-kt)$
Henderson e Pabis	$RU = a \exp(-kt)$
Dois termos	$RU = a \exp(-kt) + b \exp(-nt)$
Aproximação de difusão	$RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$
Midilli, Kucuk e Yapar	$RU = a \exp(-kt) + bt$
Wang e Singh	$RU = 1 + (at) + (bt^2)$
Logarítmico	$RU = a \exp(-kt) + c$

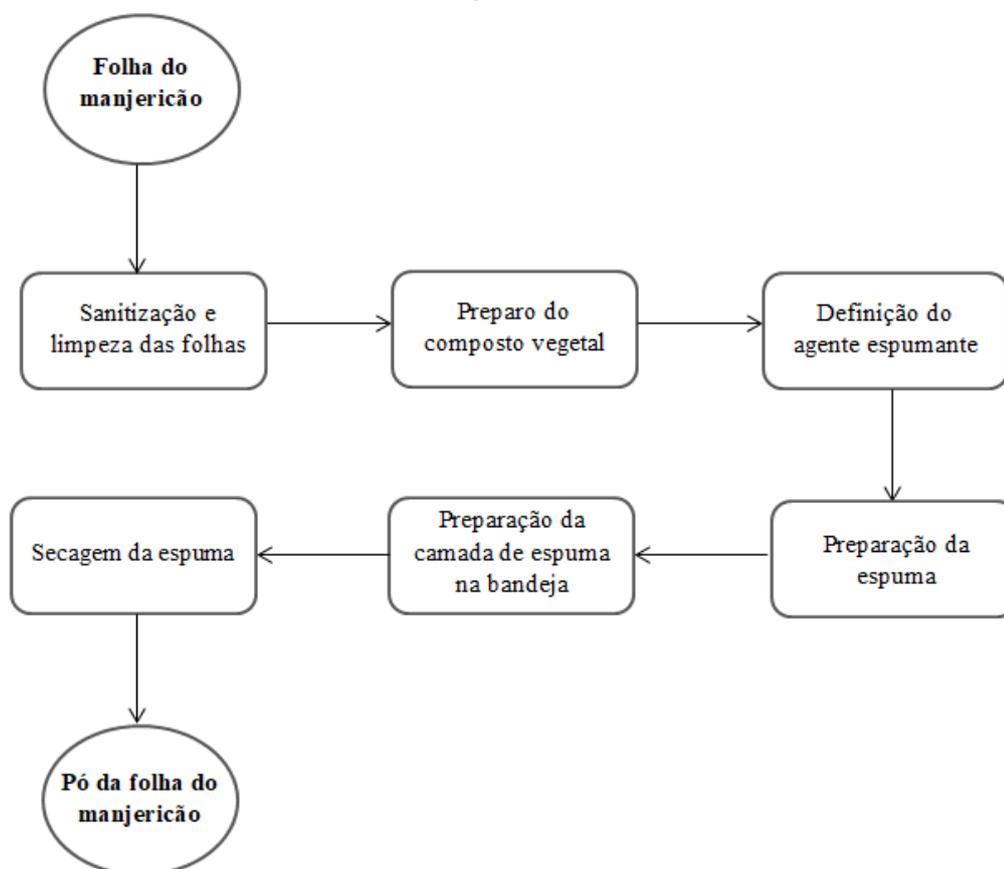
t - tempo de secagem (min); k - coeficiente de secagem; a , n e b - parâmetros dos modelos; RU - Razão de Umidade = X/X_0 *Modificado por MANGUEIRA (2018)

Fonte: Adaptado de Franco (2015).

4 MATERIAS E MÉTODOS

Todos os experimentos foram realizados nos Laboratórios do Departamento de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. Na Figura 4.1 é apresentado o fluxograma do processo de secagem em camada de espuma para obtenção do pó da folha do manjeriço.

Figura 4.1 – Fluxograma do processo de secagem em camada de espuma da folha do manjeriço.



4.1 MATÉRIA-PRIMA

As amostras das folhas de manjeriço utilizadas foram adquiridas no Mercado Central da cidade de João Pessoa – Paraíba e foram transportadas até o Laboratório de Termodinâmica do Departamento de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

As folhas foram retiradas de suas hastes a fim de evitar interferências nos resultados, colhidas e utilizadas no mesmo dia, foram selecionadas quanto à aparência visual (coloração verde típica e integridade), lavadas em água corrente, sanificadas em solução de hipoclorito de sódio na proporção de 10 mL para cada 2 litros de água (200 ppm), deixando de repouso por cerca de 10 minutos (Figura 4.2), seguindo as regras da Resolução RDC nº 218/2005 da Agência Nacional da Vigilância Sanitária (BRASIL, 2005).

Figura 4.2 – Processo de sanitização das folhas de manjericão.



4.2 PREPARAÇÃO DO COMPOSTO VEGETAL

Após a sanitização das folhas foi preparado um composto vegetal na proporção de 1:1 de massa de folhas/água destilada, ou seja, a cada 100 g de massa de folhas utilizou-se 100 mL de água destilada. Para homogeneizar essa mistura foi utilizado um liquidificador industrial de alta rotação, por um minuto em potência máxima, sendo essas condições fixadas para a realização de todos os experimentos.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO COMPOSTO VEGETAL

As análises físico-químicas realizadas do composto vegetal formado foram: pH, acidez total titulável, densidade e sólidos solúveis totais (°Brix). Todas as análises foram

feitas em triplicata, de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

4.4 PRODUÇÃO DA ESPUMA

O composto vegetal da folha de manjeriço foi submetido à rigorosa agitação, sendo incapaz de formar uma espuma estável. Foi necessária a adição de um agente espumante para misturar com o composto vegetal para que ocorresse a formação da espuma.

Foram testados três espumantes: Portogel®, Emustab® e a entrecasca do juá em pó. Os dois primeiros são agentes espumantes comerciais, já o pó da entrecasca do juá foi desenvolvido pela equipe de Secagem do Laboratório de Termodinâmica da UFPB e tem pedido de depósito de patente registrado BR 10 2017 023344 8.

A espuma foi obtida através da agitação desse composto vegetal da folha de manjeriço com o agente espumante escolhido em uma batedeira Deluxe SX80 da marca Arno com velocidade máxima e constante, seguindo o planejamento experimental fatorial completo.

4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ESPUMA

4.5.1 Estabilidade da espuma

A estabilidade da espuma foi determinada segundo a técnica descrita por Karim e Wai (1999). Esta metodologia consiste no princípio de que a estabilidade da espuma é inversamente proporcional ao volume do líquido drenado.

Foram colocados 15 g da espuma em um funil com filtro de nylon sobre uma proveta graduada (Figura 4.3) e esse sistema foi levado à estufa com circulação de ar durante 90 minutos nas temperaturas previstas pelo planejamento experimental. O volume drenado foi medido em intervalos regulares de 10 minutos, à medida que a espuma era desfeita.

Figura 4.3 – Sistema para análise de estabilidade da espuma.



4.5.2 Densidade da espuma

As densidades da espuma e do composto vegetal da folha do manjeriço foram obtidas através da Equação 4.1. Para determinação da mesma, utilizou-se uma proveta de 100 mL e uma balança semi-analítica. Inicialmente, foi tarada a massa da proveta e em seguida transferida a amostra da espuma para a proveta até atingir 100 mL (Figura 4.4), anotou-se a massa obtida e a mesma foi dividida pelo volume conhecido.

$$\rho_{amostra} = \frac{m_{amostra}}{V_{proveta}} \quad (4.1)$$

Onde:

ρ - densidade (massa específica) da amostra (g/cm³)

m - massa do produto (g)

V - volume da proveta (cm³)

Figura 4.4 – Análise de densidade da espuma



4.5.3 Expansão volumétrica

Com os valores da massa específica do composto vegetal e da espuma, determinou-se o percentual de expansão das espumas (Equação 4.2).

$$Expansão(\%) = \frac{\frac{1}{\rho_{espuma}} - \frac{1}{\rho_{polpa}}}{\frac{1}{\rho_{polpa}}} \times 100 \quad (4.2)$$

Onde:

$Expansão(\%)$ – percentual de expansão da espuma (%);

ρ_{polpa} – densidade (massa específica) do composto vegetal (g/cm^3);

ρ_{espuma} – densidade (massa específica) da espuma (g/cm^3)

4.5.4 Capacidade de incorporação de ar (*over run*)

Segundo Cruz (2013), a capacidade de incorporação de ar (*over run*) está diretamente relacionada com o volume de ar introduzido em uma solução.

Para determinação da capacidade de incorporação foi avaliado o volume do composto vegetal em um béquer antes e depois de ser submetido à rigorosa agitação (Figura 4.5). Essa análise foi realizada para cada concentração de espumante e tempo de agitação de

acordo com o planejamento experimental. O cálculo da porcentagem de incorporação de ar foi obtido através da Equação 4.3.

$$run(\%) = \frac{V_{espuma} - V_{composto}}{V_{composto}} \times 100 \quad (4.3)$$

Onde:

$run(\%)$ - percentual de capacidade de incorporação de ar (%);

V_{espuma} - volume da espuma após agitação (cm^3);

$V_{composto}$ - volume do composto vegetal e espumante antes da agitação (cm^3)

Figura 4.5 – Análise de capacidade de incorporação do ar.



4.5.5 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

Para determinação do pH das amostras das espumas foi utilizado o pHmetro micro processado de bancada digital Dellab, calibrado com soluções padrão com pH 4,0 e 7,0.

4.5.6 Determinação do teor de umidade (%)

Para a determinação do teor de umidade (Figura 4.6) da espuma 1 g da mesma foi levado à estufa a 105 °C e deixado por 24 horas. Após esse tempo, o teor de umidade foi calculado pela diferença entre a massa inicial e a massa final (IAL, 2008). Todos os experimentos foram realizados em triplicata.

Figura 4.6 – Cadinhos contendo a espuma da folha de manjeriço



4.6 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL COMPLETO

Para definir a concentração e o tempo de agitação da formação da espuma, foi testado primeiramente 5% de concentração e 5 min de agitação e dependendo do resultado era visto a necessidade de aumentar ou diminuir esses valores.

Após esses testes, e já considerando a secagem dessa espuma formada foi proposto um planejamento experimental fatorial completo 2^3 com três repetições no ponto central totalizando onze experimentos. As variáveis independentes ou de entrada foram: temperatura (50, 60 e 70 °C), concentração de emulsificante (3, 4 e 5%) e tempo de agitação (4, 5 e 6 minutos) e a variável resposta ou dependente foi: tempo de secagem (min).

Nas Tabelas 4.1 e 4.2 são apresentadas as variáveis independentes e seus respectivos níveis e a matriz do planejamento experimental fatorial completo $2^3 + 3$ repetições no ponto central, respectivamente.

Tabela 4.1 – Valores codificados e reais das variáveis.

Variáveis	Níveis		
	-1	0	1
Concentração emulsificante (%)	3	4	5
Tempo de agitação (min)	4	5	6
Temperatura de secagem (°C)	50	60	70

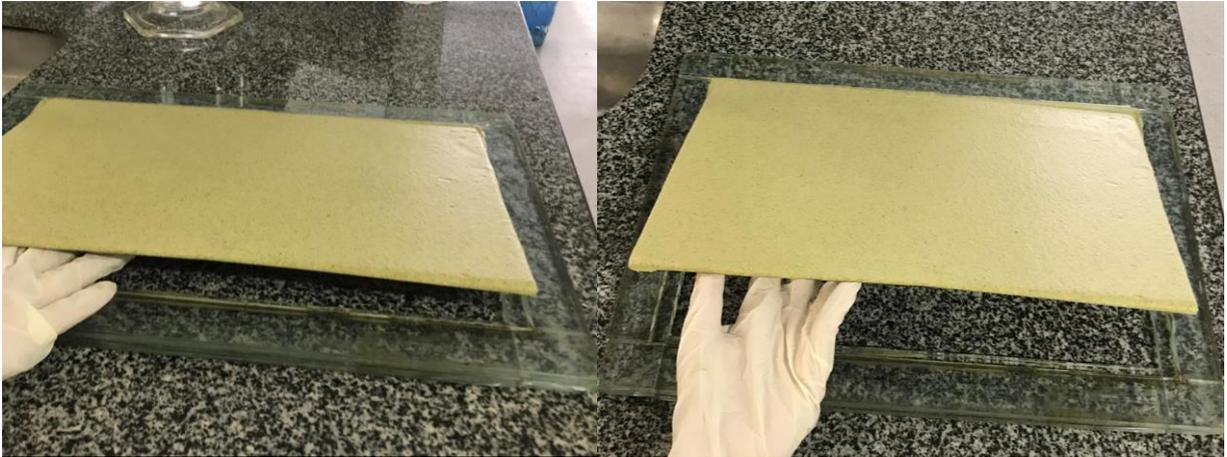
Tabela 4.2 - Matriz do planejamento fatorial $2^3 + 3$ pontos centrais.

N° do Experimento	Variáveis independentes		
	C (%)	T _{ag} (min)	T (°C)
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)

4.7 SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA

Os experimentos foram realizados aleatoriamente, seguindo o planejamento experimental fatorial completo (Tabela 4.2). Após a agitação em batedeira planetária, as espumas foram espalhadas de maneira uniforme em bandejas de zinco galvanizado em formato retangular. Para todas as análises a espessura das espumas foi medida com o auxílio de um molde de bandeja de vidro com espessura fixa de 0,5 cm (Figura 4.7).

Figura 4.7 – Sistema da bandeja de fundo removível com espessura fixa de 0,5 cm utilizada na secagem de camada de espuma.



A bandeja com a espuma (Figura 4.8) foi pesada e colocada na estufa com circulação e renovação de ar seguindo as temperaturas definidas no planejamento experimental. Foram realizadas pesagens, em intervalos de tempo definidos, até não haver mais variação de massa, indicando que o sistema atingiu o equilíbrio.

Figura 4.8 – Espuma da folha de manjeriço disposta em bandeja preparada para iniciar o processo de secagem em estufa.



O produto desidratado foi retirado da bandeja com auxílio de espátulas e acondicionado em embalagens de polietileno, hermeticamente fechado, e armazenado em um

dessecador com sílica em gel.

4.8 CINÉTICA DE SECAGEM

A partir dos dados obtidos durante o processo de perda de umidade da espuma na secagem, foi possível calcular a razão de umidade (RU) através da Equação 4.4.

$$RU = \frac{X_{bs}}{X_{bs_0}} \quad (4.4)$$

Onde:

X_{bs} = umidade em base seca;

X_{bs_0} = umidade em base seca inicial.

A umidade em base seca foi determinada pela razão entre a água eliminada e a massa seca presente na amostra (Equação 4.5).

$$X_{bs} = \frac{(m_i - m_f)}{m_{ss}} \quad (4.5)$$

Onde:

m_i - massa inicial da amostra (g);

m_f - massa final (g);

m_{ss} - massa de sólidos secos da amostra (g).

Com a finalidade de observar o comportamento do processo de secagem, com os dados obtidos, foram plotado as curvas de cinética (RU versus tempo de secagem) e as curvas da taxa de secagem (g/cm².min versus a umidade em base seca).

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA E AJUSTE MATEMÁTICO

O programa STATISTICA 6.0 foi utilizado para os cálculos dos efeitos principais e interações das variáveis independentes sobre as variáveis dependentes da secagem, além de determinar os efeitos significativos. O programa também foi utilizado para analisar a influência das variáveis independentes sobre as características físicas da espuma.

Para o ajuste das curvas de secagem obtidas foram utilizados os modelos matemáticos descritos no Quadro 3.1 da Seção 3.4.3. Empregou-se o método de Gauss-

Newton, com regressão não-linear, considerando o coeficiente de determinação (R^2) e a soma quadrática residual (SQ).

4.10 SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO

A liofilização do composto vegetal da folha de manjeriço foi realizada com o objetivo de se obter um pó com suas propriedades químicas e sensoriais praticamente inalteradas e para servir de método comparativo (branco) dos pós obtidos pela secagem em camada de espuma.

A secagem por liofilização do composto vegetal da folha do manjeriço foi realizada no Laboratório de Bromatologia - Departamento de Nutrição da UFPB. O composto vegetal foi congelado e então submetido ao processo de liofilização em um liofilizador Liotop® L101 a $-40\text{ }^\circ\text{C}$ para remoção da umidade por sublimação.

4.11 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO PÓ

As análises químicas e físico-químicas foram feitas de acordo com metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Todas as análises foram realizadas em triplicatas a fim de diminuir o erro de operação e melhorar a confiabilidade dos experimentos.

4.11.1 Atividade de água

A atividade de água foi determinada após a secagem, onde foram pesados 0,5 g da amostra em cápsulas de polietileno e a leitura foi realizada por medição direta no analisador de atividade de água Novasina LabMaster-aw.

4.11.2 Rendimento teórico

O rendimento teórico foi calculado através da razão entre a massa do pó após a secagem e a massa da espuma antes da secagem, como mostrado na Equação 4.6. A medição das massas foi realizada por pesagem em balança semi-analítica.

$$\text{Rendimento}(\%) = \frac{m_{\text{pó}}}{m_{\text{espuma}}} \times 100\% \quad (4.6)$$

Onde:

$m_{pó}$ - massa do pó (g);

m_{espuma} - massa da espuma (g)

4.11.3 Determinação de sólidos solúveis totais – SST (°Brix)

Para determinação dos sólidos solúveis, 1 g da amostra do pó foi dissolvido em 10 mL de água destilada, a solução foi agitada para a homogeneização, deixada em repouso por 30 minutos, e em seguida foi centrifugada por 5 min para a retirada de algumas gotas para a leitura no refratômetro. O resultado da leitura foi expresso em °Brix e multiplicado por dez, devido à diluição.

4.11.4 Determinação do teor de cinzas (%)

O teor de cinza foi determinado pesando 1 g do pó em cadinhos de porcelanas devidamente identificados e tarados inicialmente. Os cadinhos então foram colocados em mufla com temperatura variando entre 550 °C e 570 °C por um período de 4 h. O cálculo do teor de cinza foi realizado através da Equação 4.7, pela diferença entre a massa da amostra no início e no fim do procedimento.

$$cinzas(\%) = \frac{(m_f - m_t)}{m_i} * 100\% \quad (4.7)$$

Onde:

m_f - massa do cadinho + cinzas obtido ao fim do procedimento (g);

m_t - massa da tara do cadinho vazio (g);

m_i - massa inicial da amostra adicionada no cadinho (g).

4.11.5 Determinação do índice de solubilidade em água (ISA)

Para determinação do índice de solubilidade do pó da folha do manjeriço foi utilizada a metodologia adaptada por Cano-Chauca et al. (2005). Primeiramente, foram adicionados 0,5 g da amostra em 50 mL de água destilada seguida de vigorosa agitação para homogeneização da solução, foi utilizado um agitador de solução modelo AP 56 da marca Phoenix Luferco, com motor de 3800 rpm. A solução foi centrifugada, em centrífuga refrigerada da marca Novatecnica, a 4500 rpm, por 5 minutos. Em seguida, foram retiradas

12,5 mL do sobrenadante e colocadas em placas de Petri, previamente taradas e pesadas, sendo as mesmas levadas à estufa numa temperatura de 105 °C até que fosse evaporado todo o líquido. A solubilidade do pó foi calculada através da Equação 4.8.

$$\%Solubilidade = \frac{(m_{residual} - m_{tara}) * V_{solução}}{V_{alíquota} * m_{amostra}} * 100\% \quad (4.8)$$

Onde:

$m_{residual}$ - massa residual obtida após evaporação (g);

m_{tara} - massa da placa de Petri vazia (g);

$V_{solução}$ - volume total da solução (mL);

$V_{alíquota}$ - volume da alíquota submetido à secagem (mL);

$m_{amostra}$ - massa inicial da amostra (g).

4.11.6 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação foi realizada diluindo 1 grama da amostra em 10 mL de água destilada e depois feita a leitura em um pHmetro previamente calibrado com soluções padrão de 4,0 e 7,0.

4.11.7 Determinação do teor de umidade (%)

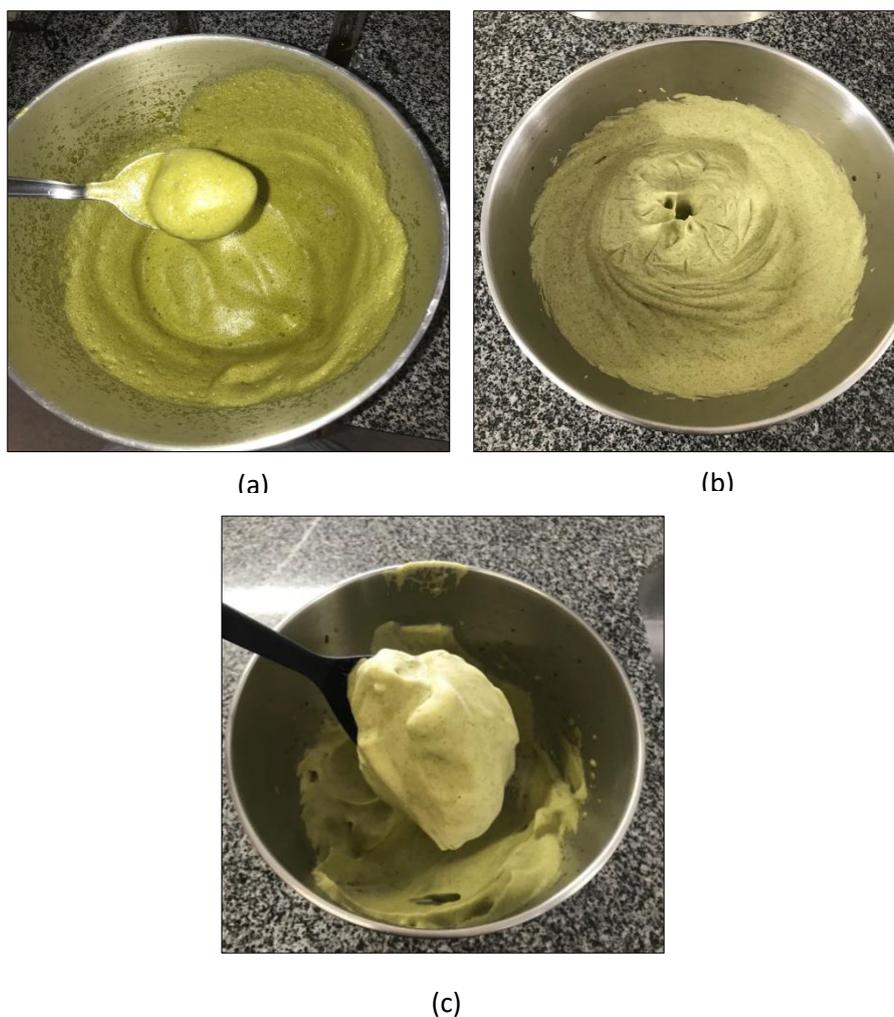
A determinação foi feita como já descrita para a espuma no item 4.5.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 TESTES PRELIMINARES PARA PRODUÇÃO DA ESPUMA

Com relação aos espumantes, foram testados o Emustab® e Portogel®, emulsificantes comerciais presentes no mercado; e pó da entrecasca do juá, criado e produzido pela equipe técnica do laboratório de Termodinâmica da UFPB. Os resultados dos testes são mostrados na Figura 5.1.

Figura 5.1 - Espuma da folha do manjeriço utilizando 4 minutos de agitação e 3% do espumante; (a) Emustab®; (b) Portogel; (c) Entrecasca do juá em pó.



Pela Figura 5.1a, percebeu-se que a adição do Emustab® ao composto vegetal não formou uma espuma eficaz, apresentando uma consistência de creme e visualmente com pouca estabilidade. Enquanto nas Figuras 5.1b e 5.1c foram observadas a formação de

espumas aeradas e estáveis. Sendo assim, os espumantes Portogel e o pó da entrecasca do juá mostraram bons resultados na formação das espumas das folhas de manjeriço. Em virtude da facilidade de aquisição no comércio, para o presente trabalho foi escolhido o espumante Portogel®.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA

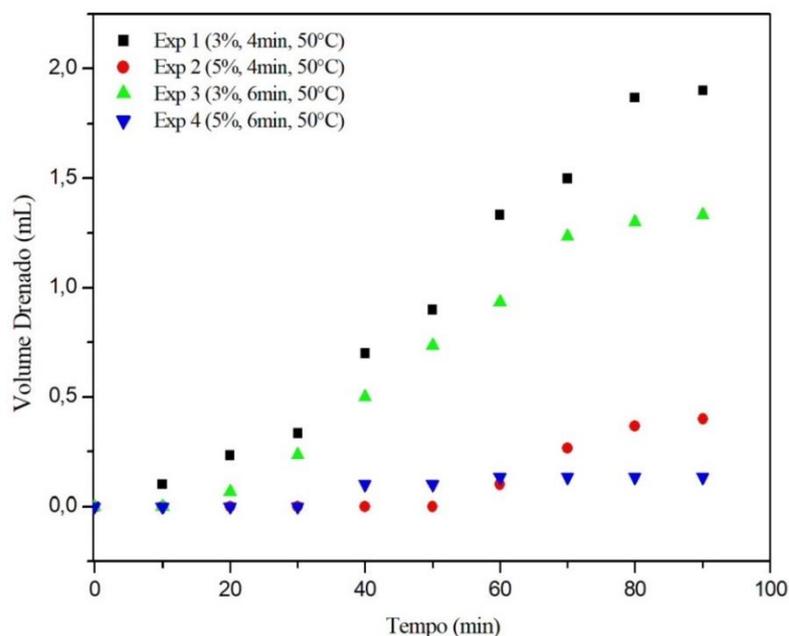
5.2.1 Estabilidade

A eficiência do processo de secagem em camada de espuma depende diretamente da estabilidade da espuma formada. A espuma deve se manter mecânica e termodinamicamente estável, pois o seu colapso acarreta na desestruturação celular tornando ineficiente a remoção da água da superfície e reduz a qualidade do produto final obtido (FRANCO, 2015).

Para todas as espumas preparadas nas condições de tempo de batimento, concentração do espumante e temperatura de secagem delineadas no planejamento experimental (Tabela 4.2), foi aplicado o método do volume drenado para teste da estabilidade da espuma, sendo a estabilidade inversamente proporcional ao volume drenado.

Nas Figuras 5.2, 5.3 e 5.4 são apresentadas a estabilidade das espumas para as temperaturas de secagem de 50, 70 e 60 °C, respectivamente.

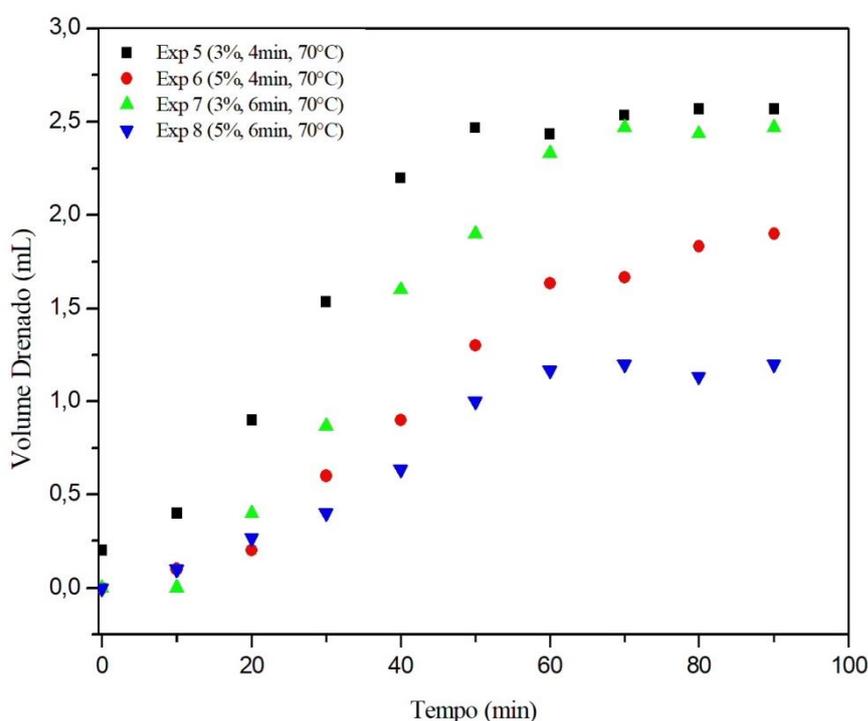
Figura 5.2 – Teste de estabilidade da espuma (volume drenado x tempo) da folha de manjeriço a 50 °C.



Pela Figura 5.2 foi observado que a espuma formada nos níveis mínimos (experimento 1) apresentou a menor estabilidade, tendo um volume despreendido de aproximadamente 1,8 mL ao final dos 90 minutos de análise. Foi observado também que o experimento com maior tempo de agitação e maior concentração do espumante (experimento 4) mostrou uma maior estabilidade.

Nas mesmas condições de temperatura, Silva (2020) avaliou a estabilidade da espuma das folhas de guajiru e retratou volume máximo drenado de 2,0 mL. Souza (2021) em seu estudo com o alecrim encontrou valores superiores de perda de volume de aproximadamente 7,2 mL depois de 30 minutos de análise.

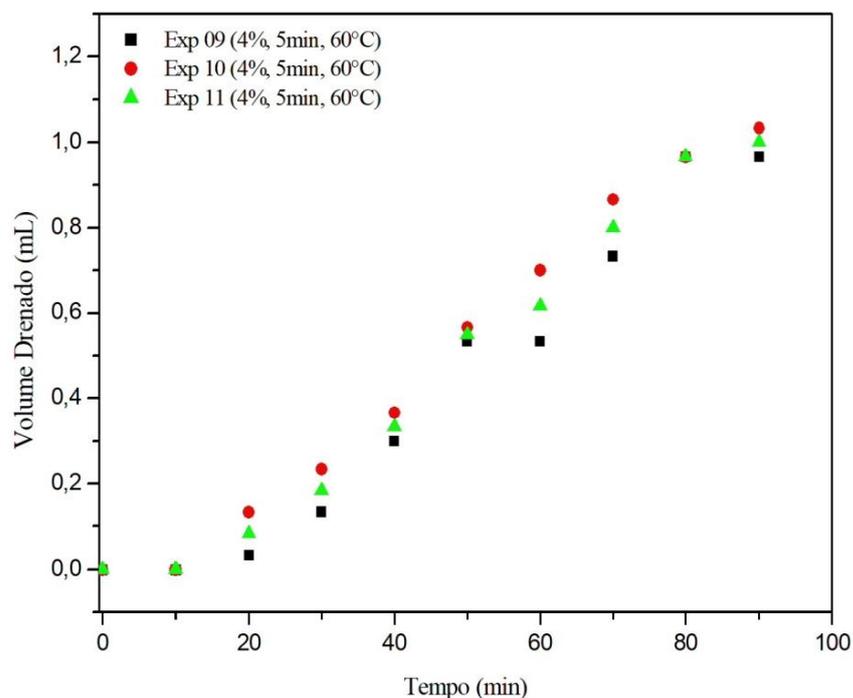
Figura 5.3 – Teste de estabilidade da espuma (volume drenado x tempo) da folha de manjeriço a 70 °C.



De acordo com os resultados apresentados na Figura 5.3, os experimentos 5 e 7, com concentração mínima de espumante (3%) apresentaram maiores volumes despreendidos do que os experimentos 6 e 8 com concentração máxima de espumante (5%). Na temperatura de 70 °C o volume drenado máximo foi de 2,5 mL, nas condições mínimas de concentração de espumante e tempo de agitação (3%, 4min). Enquanto a espuma mais estável nessa temperatura foi a do experimento 8, a que foi formada pelas condições máximas de secagem.

Oliveira (2018) estudou a estabilidade da espuma do suco da folha de graviola e obteve o volume de líquido drenado máximo da espuma foi de 4,4 mL. Leite (2018) avaliou a estabilidade da espuma da folha de hortelã-da-folha-miúda que apresentou um volume drenado máximo de 11,4 mL, na temperatura de 70 °C.

Figura 5.4 – Teste de estabilidade da espuma (volume drenado x tempo) da folha de manjeriço a 60 °C



Os experimentos do ponto central, apresentados na Figura 5.4, obtiveram boa reprodutibilidade e comportamento semelhante.

Dentre os 11 ensaios, os experimentos do planejamento fatorial no ponto central (4%, 5 min, 60°C) apresentaram a melhor estabilidade, com perda máxima de volume de 1,0 mL.

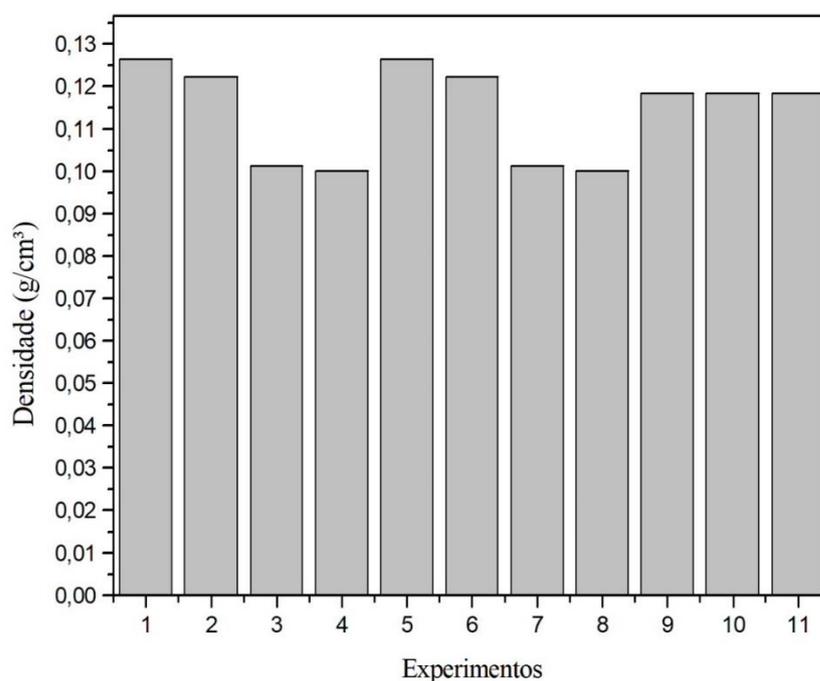
Silva (2021), com a secagem da folha de amoreira negra, e Silva (2020), com a secagem da folha de couve utilizando Portogel® como agente espumante, também obtiveram maior estabilidade nas condições do fatorial central.

Com base nos resultados, pode-se afirmar que o resultado da estabilidade da espuma da folha de manjeriço é satisfatório para estudo uma vez que o volume máximo drenado foi de 2,5 mL.

5.2.2 Densidade

Na Figura 5.5 são mostrados os valores obtidos das densidades das espumas (g/cm^3) de cada um dos 11 experimentos.

Figura 5.5 - Resultados obtidos da densidade (g/cm^3) da espuma de cada experimento.



Pelos resultados da Figura 5.5, os experimentos 1 e 5 apresentaram valores de densidade mais altos em relação aos demais, visto que são as espumas formadas por menores tempos de agitação e menores concentrações de espumante. Enquanto os experimentos 4 e 8, formados pelas condições máximas de tempo de agitação e concentração de espumante, apresentaram menor densidade. Segundo Kudra e Ratti, (2006), espumas com baixos valores de densidade apresentam uma maior estabilidade e facilidade para a remoção da água durante o processo de secagem.

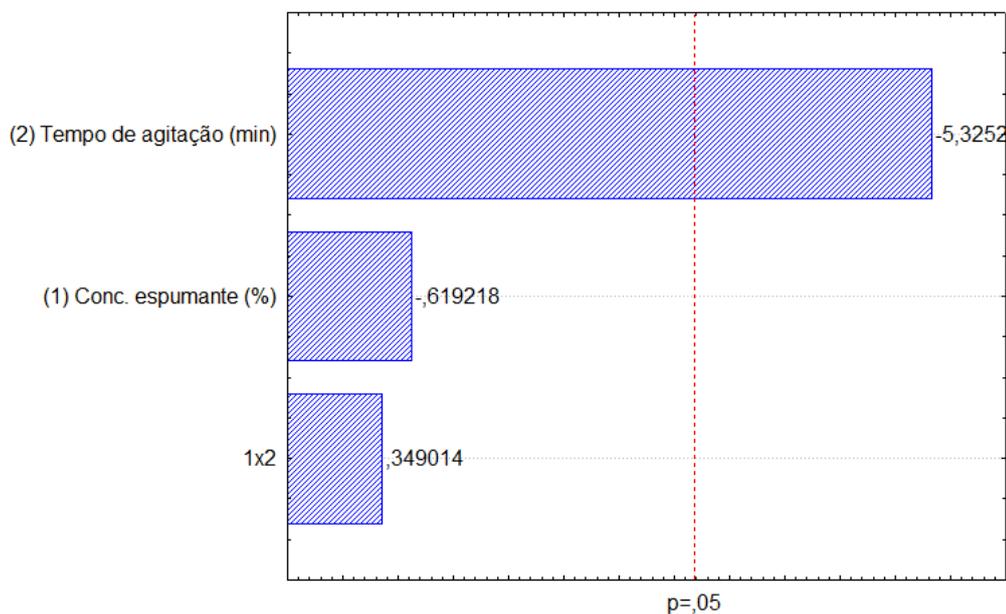
Os experimentos 9, 10 e 11 foram realizados sob as mesmas condições (tempo de agitação e concentração de espumante) e apresentaram ótima reprodutibilidade.

A adição do emulsificante reduziu os valores das densidades em relação ao composto vegetal que foi de $0,8622 \text{ g/cm}^3$. De acordo com Soares et al. (2001), as espumas que apresentarem densidades entre $0,1$ e $0,6 \text{ g/cm}^3$ são consideradas boas para o processo de secagem em camada de espuma. Sendo assim, os 11 experimentos são satisfatórios quanto a sua densidade, pois variaram de $0,101$ a $0,126 \text{ g/cm}^3$.

O diagrama de Pareto com as variáveis independentes: tempo de agitação e

concentração do emulsificante e suas interações para a densidade da espuma com nível de confiança de 95% é mostrado na Figura 5.6.

Figura 5.6 - Diagrama de Pareto para a densidade da espuma (g/cm³).



Pela Figura 5.6, para um nível de confiança de 95%, o tempo de agitação é a única variável estatisticamente significativa, e apresenta um comportamento inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o tempo de agitação menor será a densidade.

5.2.3 Percentual de expansão (%)

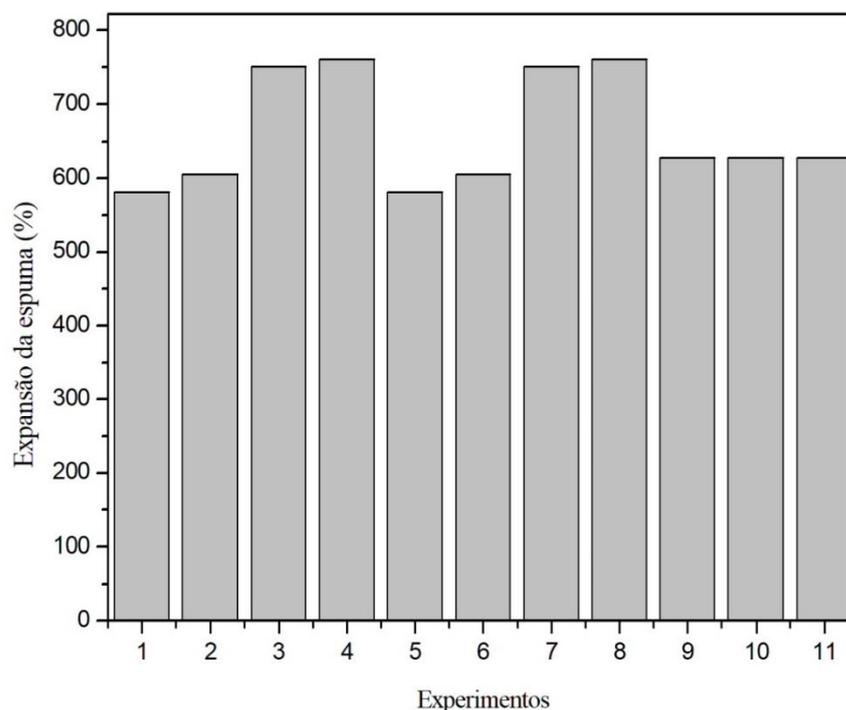
Através dos resultados da densidade das espumas e da densidade do composto vegetal, foram obtidos os valores do percentual de expansão das espumas para os 11 experimentos, expostos na Figura 5.7.

O ar incorporado através do processo de batimento é aprisionado no líquido em forma de bolhas (THUWAPANICHAYANAN, PRACHAYAWARAKORN e SOPONRONNARIT, 2008), fazendo com que ocorra uma diminuição na densidade e consequentemente um aumento no percentual de expansão da espuma.

Os experimentos 4 e 8 apresentaram os menores valores de densidades, sendo os mesmos experimentos no qual foram observados as maiores expansão da espuma. De forma análoga, os experimentos 1 e 5 apresentaram os maiores valores de densidade e menores percentual de expansão.

A expansão da espuma de manjerição variou entre 581,58% e 761,34%. Silva (2021), trabalhando com a secagem em camada de espuma da folha da amoreira negra, encontrou valores entre 227,86 e 676,03% de expansão.

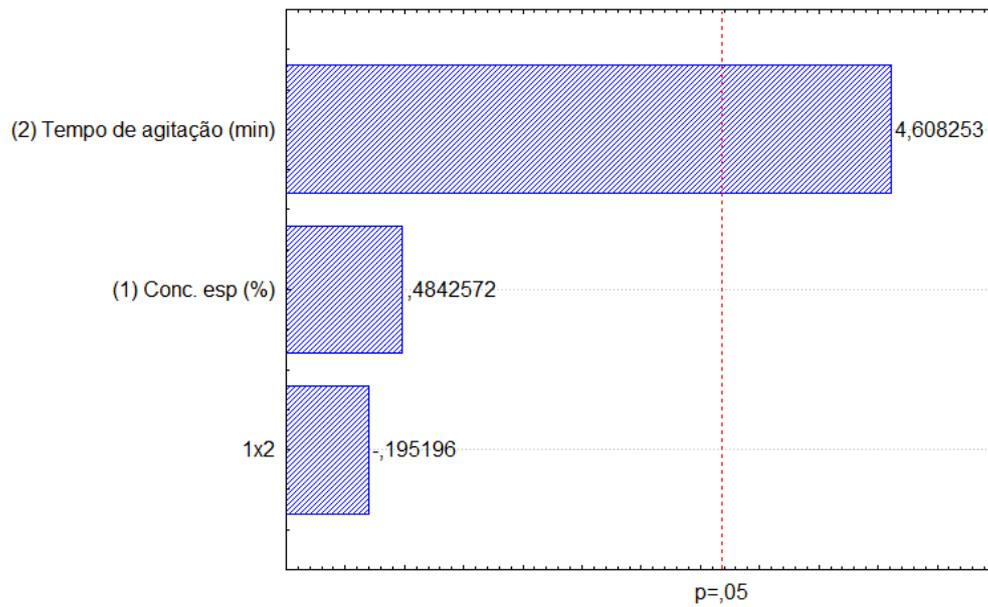
Figura 5.7 – Percentual de expansão das espumas da folha do manjerição.



Em todos os 11 experimentos estudados os valores do percentual de expansão das espumas se encontram dentro da faixa considerada boa, como prescreve Dantas (2010), que afirma que percentual de expansão acima de 100% são satisfatórios para o processo de secagem.

O diagrama de Pareto para a porcentagem de expansão das espumas, Figura 5.8, apresenta apenas o tempo de agitação como estatisticamente significativo. O sinal positivo ilustrado no diagrama (4,608253) indica que quanto maior for o tempo de agitação maior será o percentual de expansão da espuma da folha de manjerição.

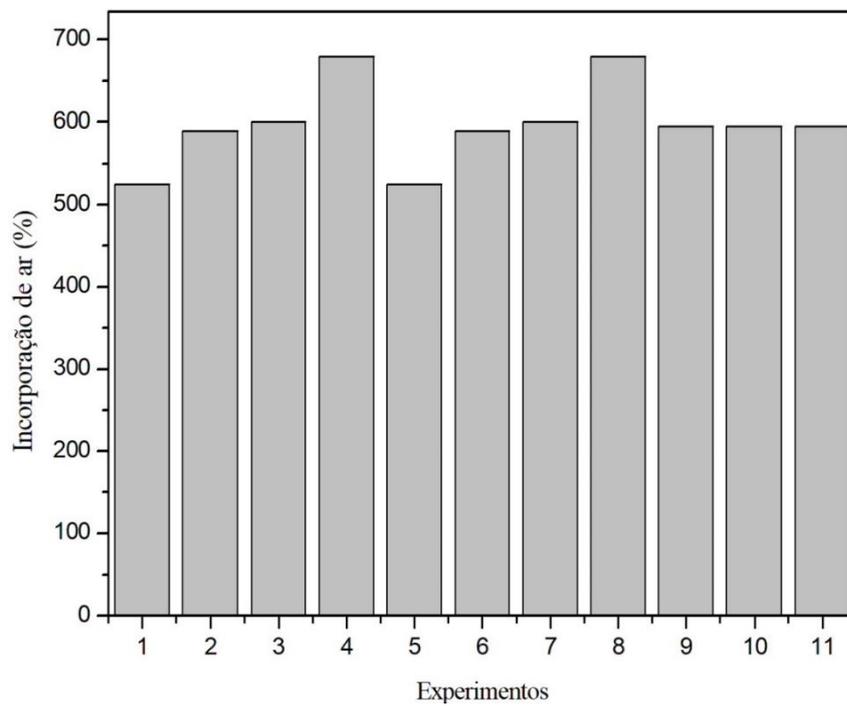
Figura 5.8 - Diagrama de Pareto para porcentagem de expansão das espumas.



5.2.4 Capacidade de incorporação de ar (*Over run*)

Os resultados da capacidade de incorporação de ar dos 11 experimentos da espuma de manjerição são mostrados na Figura 5.9.

Figura 5.9 – Incorporação de ar da espuma de manjerição

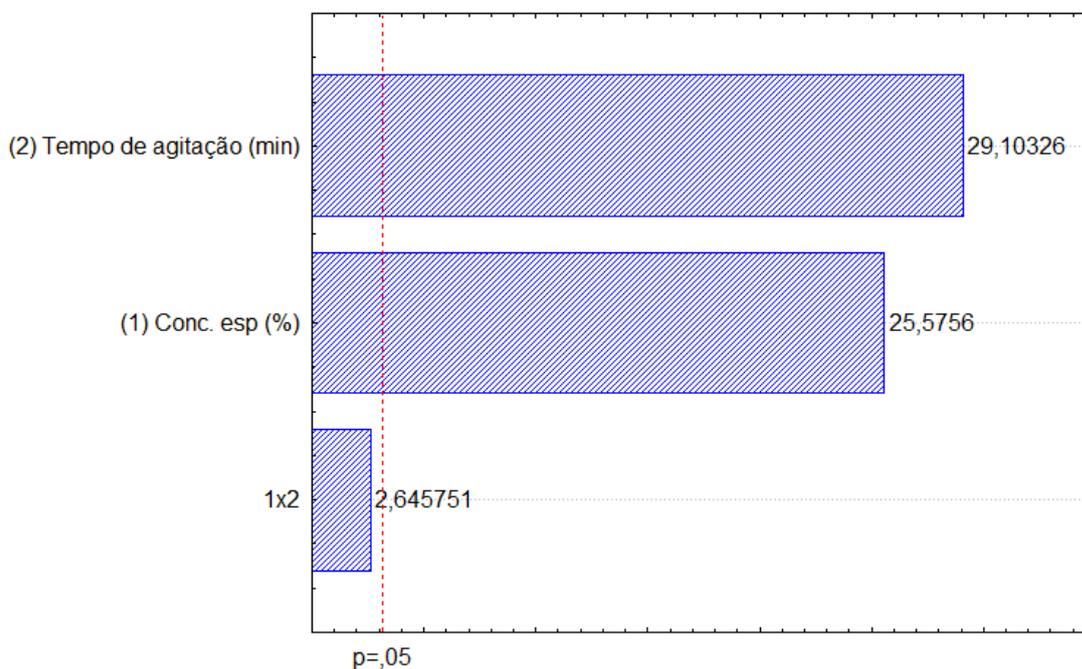


Foi observado que o aumento no tempo de batadura resultou em maiores valores de capacidade de incorporação. As menores percentagens de incorporação de ar (525%) correspondem aos experimentos de menor tempo de agitação (4 minutos) e menor concentração de espumante (3%).

Os experimentos 4 e 8 obtiveram os maiores valores de percentual de incorporação de ar (680%), visto que, são os experimentos em que as variáveis independentes de concentração de espumante e tempo de agitação estavam em seu ponto máximo.

O diagrama de Pareto para a capacidade de incorporação de ar, Figura 5.10, atribui a significância estatística as duas variáveis independentes. Esses parâmetros mostraram influência de sinal positivo, indicando que o aumento do tempo de agitação e da concentração do espumante aumentará a incorporação de ar.

Figura 5.10 - Diagrama de Pareto para capacidade de incorporação de ar da espuma.



5.2.5 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

Na Tabela 5.1 estão expostos os valores de pH da espuma da folha de manjericão na temperatura ambiente para os 11 experimentos do planejamento fatorial completo e para o composto vegetal (CV).

Tabela 5.1 – Valores médios de pH da espuma e do composto vegetal da folha de manjeriço a 25 °C

Experimento	C (%)	t _{ag} (min)	T (°C)	pH
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	6,05±0,00
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	6,12±0,05
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	6,07±0,05
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	6,23±0,08
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	6,05±0,06
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	6,12±0,06
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	6,07±0,04
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	6,23±0,10
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	6,46±0,09
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	6,46±0,02
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	6,46±0,00
CV	-	-	-	6,36±0,04

C – concentração do espumantes; tag – tempo de agitação; T – temperatura de secagem

De acordo com a Tabela 5.1, os valores de pH das espumas da folha de manjeriço e do composto vegetal apresentaram a mesma ordem de grandeza, diferindo muito pouco entre si.

Em todos os experimentos foram observados que os valores de pH foram levemente ácidos, apresentando variação entre 6,05 e 6,23.

Os experimentos 4 e 8 com concentração de agente espumante máxima (5%) e tempo máximo de agitação (6 min) apresentaram acidez menor (pH=6,83) do que os outros experimentos.

Na Figura 5.11 é mostrado o diagrama de Pareto para o pH das espumas.

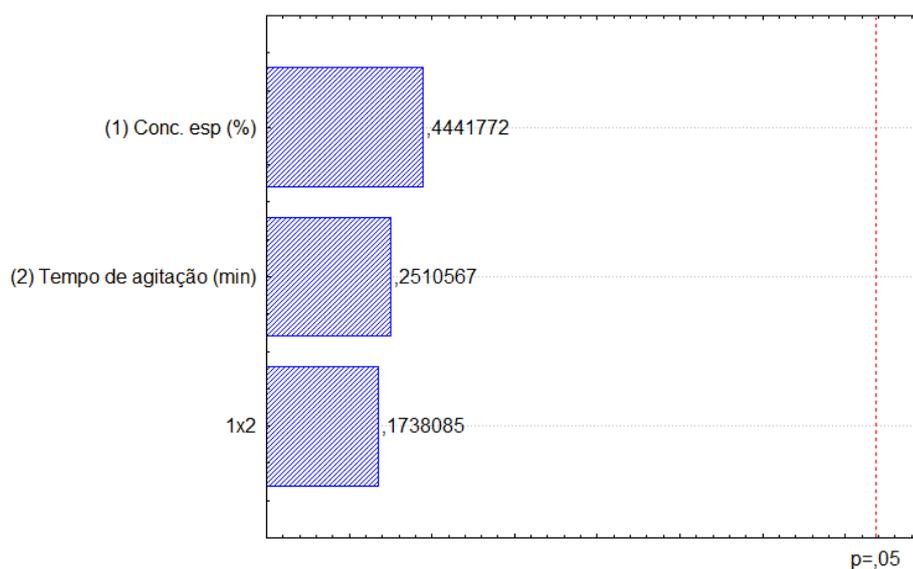


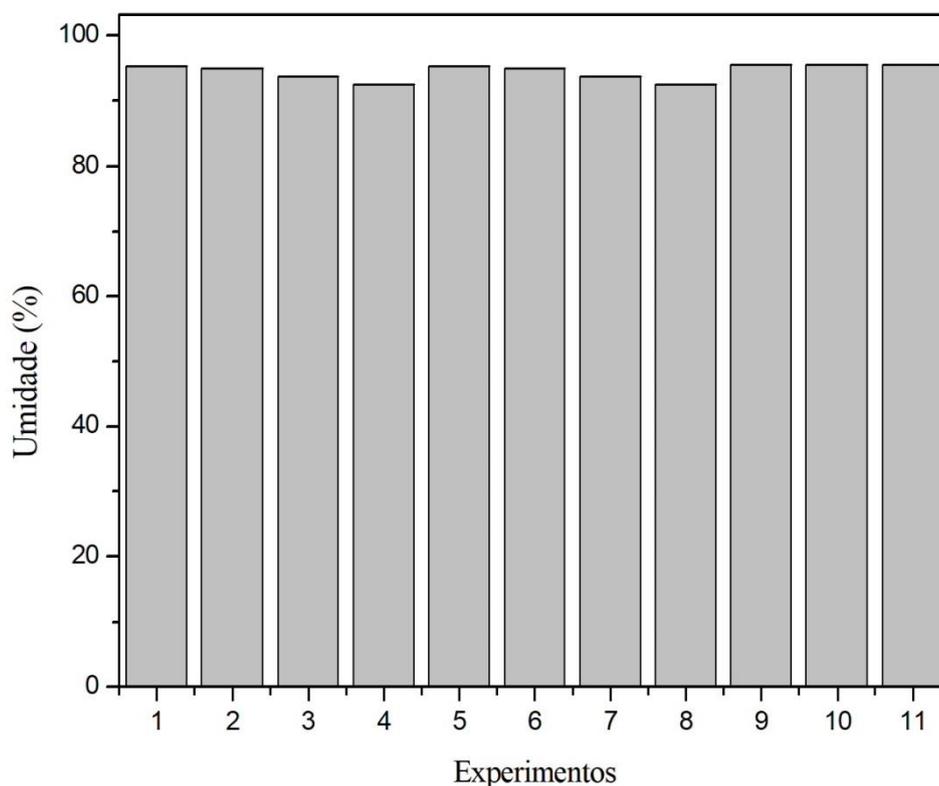
Figura 5.11 - Diagrama de Pareto do pH.

Na Figura 5.11, é possível observar que nenhuma das variáveis independentes foi significativa, para um nível de confiança de 95%, para o pH da folha de manjeriço.

5.2.6 Determinação do teor de Umidade da espuma

Na Figura 5.12 são mostrados os valores do teor de umidade em base úmida dos 11 experimentos.

Figura 5.12 – Valores da umidade da espuma da folha de manjeriço de cada experimento.



De acordo com a Figura 5.12, os valores apresentados de umidade em base úmida não sofreram grandes variações.

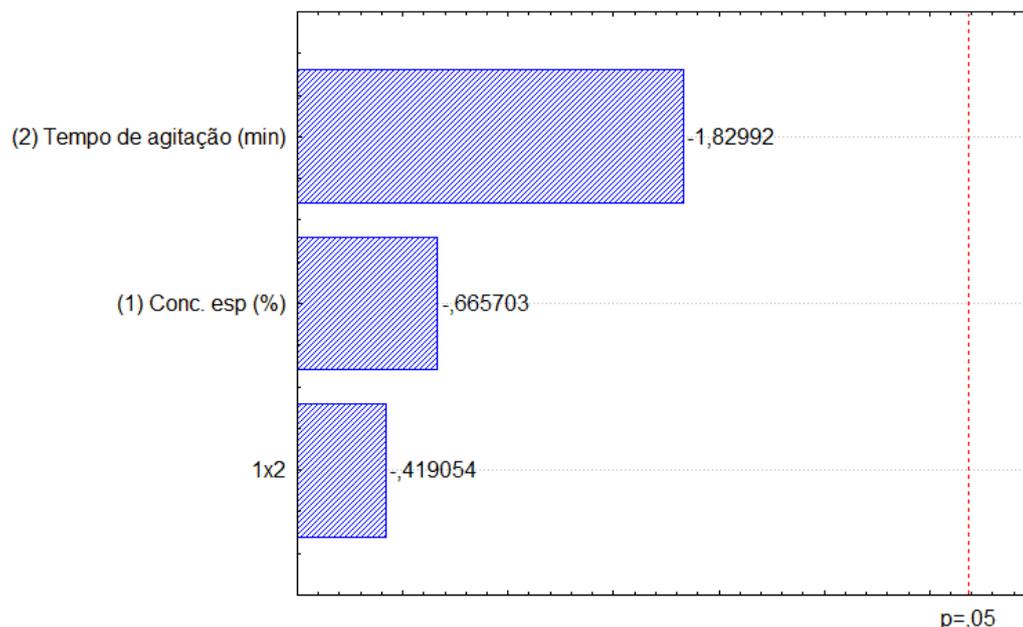
O maior valor encontrado de umidade das espumas foi de $95,59\% \pm 0,01$, referente aos experimentos do ponto central (experimento 9, 10 e 11). E os menores valores de umidade foram de $92,51\% \pm 0,00$, encontrados nos experimentos que contém maior concentração de agente espumante e maior tempo de agitação (experimento 4 e 8).

Os 11 experimentos apresentaram umidade em base úmida menor do que o valor obtido para a umidade do composto vegetal que foi de $96,52\% \pm 0,00$. Oliveira e Soares

(2012) encontraram valor inferior para a umidade do manjeriço *in natura* ($90,20 \pm 0,003$).

O diagrama de Pareto para teor de umidade em base úmida da espuma com nível de confiança de 95% é mostrado na Figura 5.13.

Figura 5.13 - Diagrama de Pareto do teor de umidade das espumas



Conforme a análise estatística, nenhuma das variáveis independentes influenciaram significativamente, dentro do intervalo de confiança de 95% a umidade das espumas.

5.3 SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA

5.3.1 Análise estatística das variáveis independentes

Tempo final de secagem

Na Tabela 5.2 são apresentados os resultados do tempo final de secagem (t_{secagem}).

De acordo com os resultados exibidos na Tabela 5.2, os experimentos com temperaturas maiores ($70\text{ }^{\circ}\text{C}$) obtiveram menor tempo de secagem em relação aos experimentos realizados a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. O menor tempo de secagem foi de 240 minutos referente ao experimento 8, que apresenta as condições máximas de secagem (5% de concentração de espumante, 6 minutos de agitação e $70\text{ }^{\circ}\text{C}$) e o maior tempo foi de 330 minutos, referente ao experimento 1, que apresenta as condições mínimas do planejamento experimental fatorial completo (3% de concentração de espumante, 4 minutos de agitação e $50\text{ }^{\circ}\text{C}$).

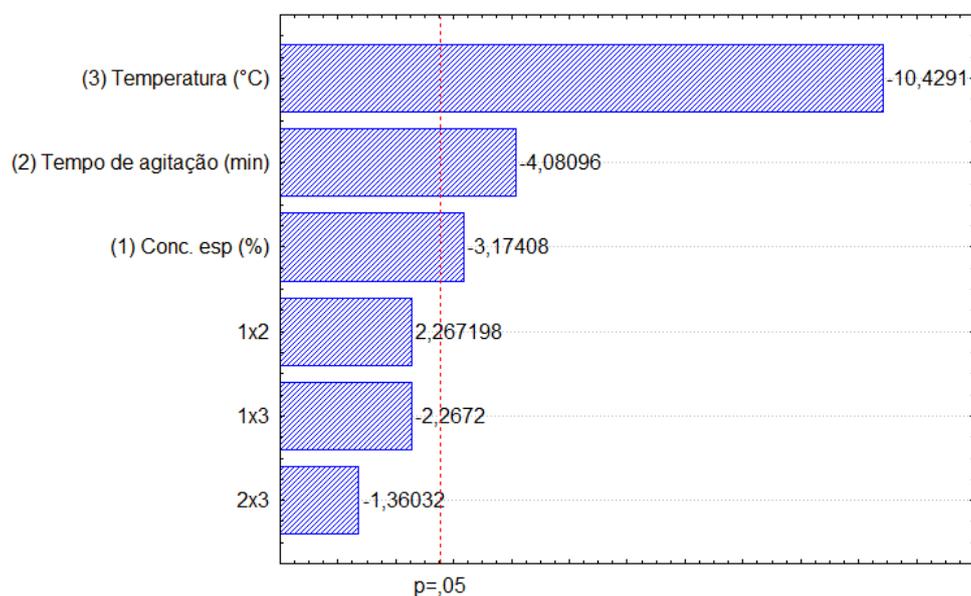
Tabela 5.2 – Tempo de secagem em camada de espuma da espuma das folhas do manjeriço.

Experimento	Variáveis independentes			Variável dependente
	C (%)	tag (min)	T (°C)	t _{final} (min)
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	330
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	320
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	310
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	310
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	300
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	250
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	250
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	240
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	280
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	290
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	280

C – concentração do espumantes; tag – tempo de agitação; T – temperatura de secagem e t_{final} – tempo final de secagem.

As características físicas das espumas (densidade, expansão e incorporação de ar) influenciam vigorosamente no processo de secagem. Visto que, o menor tempo final de secagem foi obtido no experimento que apresentou a menor densidade e maior incorporação de ar, enquanto que o maior tempo final de secagem foi obtido no experimento com maior densidade e menor expansão de ar.

Na Figura 5.14 é observada a análise da influência das variáveis independentes no tempo final de secagem da espuma da folha de manjeriço.

Figura 5.14 – Diagrama de Pareto para o tempo de secagem (t_{secagem}).

Pelo diagrama de Pareto pode-se observar que a Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), o tempo de agitação (min) e a Concentração do espumante (%) são estatisticamente significativos, dentro de um intervalo de confiança de 95%. As três variáveis independentes exercem influencia de sinal negativo, indicando que quanto maior for à temperatura, o tempo de agitação (min) e a Concentração do espumante (%) menor será o tempo final de secagem.

A partir da análise estatística foi possível gerar um modelo, utilizando a regressão linear com as variáveis independentes que foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Esse modelo possui um coeficiente de determinação (R^2) de 97,36% e um erro padrão de 243,182 e pode ser representado pela Equação 5.1.

$$t_{secagem} = 280,745 - 16,404C_{esp} - 18,904t_{ag} - 36,404T \quad (5.1)$$

Nas Figuras 5.15 a 5.16 são mostradas as superfícies de respostas obtidas para o tempo final de secagem, mantendo constante a concentração do espumante, o tempo de agitação e a temperatura de secagem, respectivamente.

Figura 5.15 – Superfície de resposta para o tempo final de secagem mantendo constante a concentração do espumante.

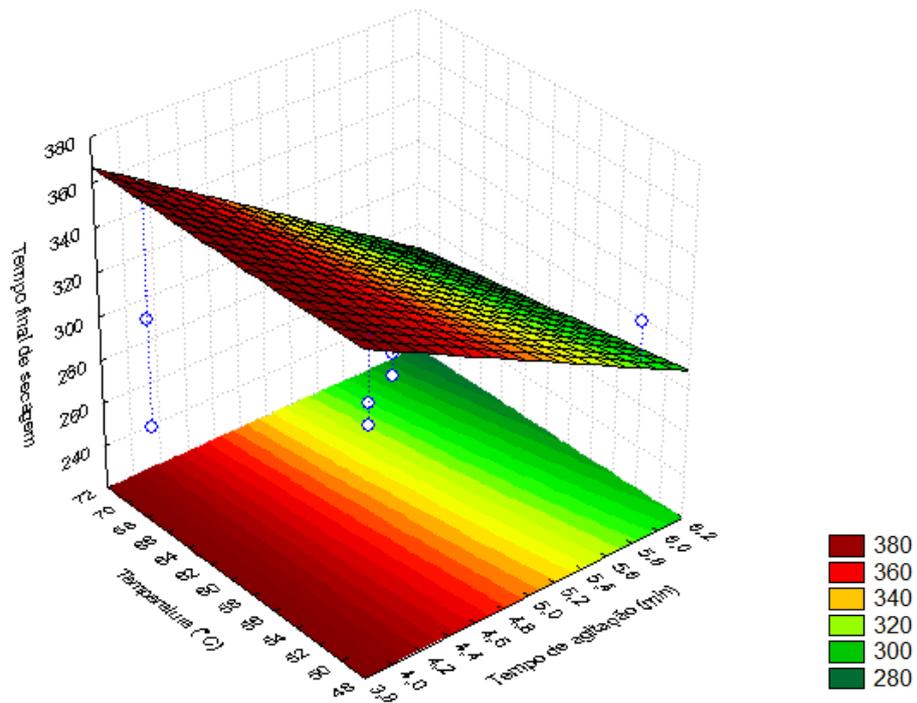


Figura 5.16 – Superfície de resposta para o tempo final de secagem mantendo constante o tempo de agitação.

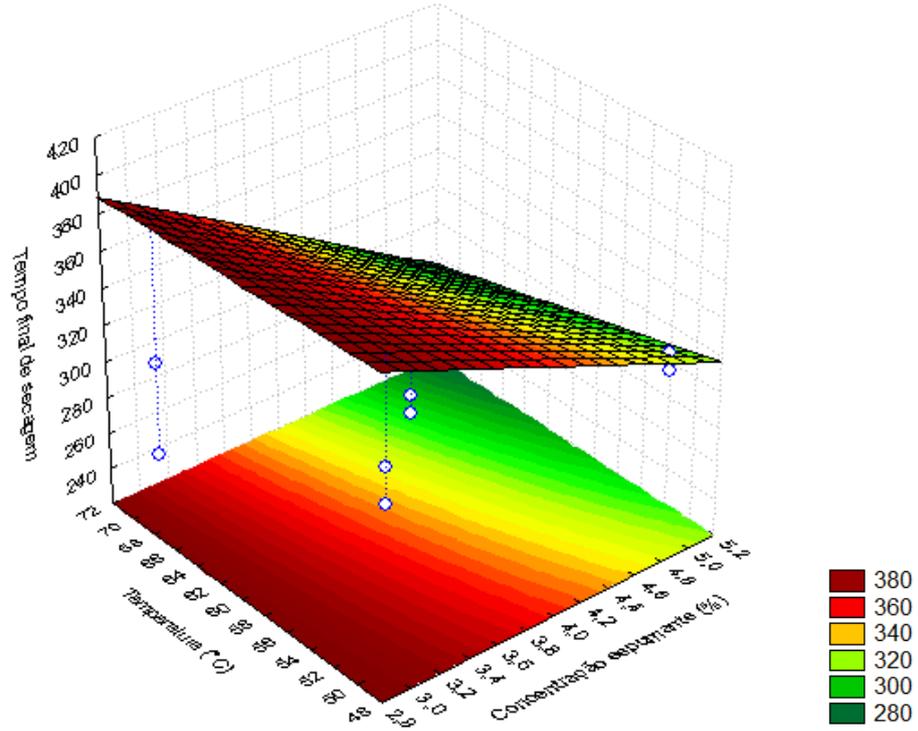
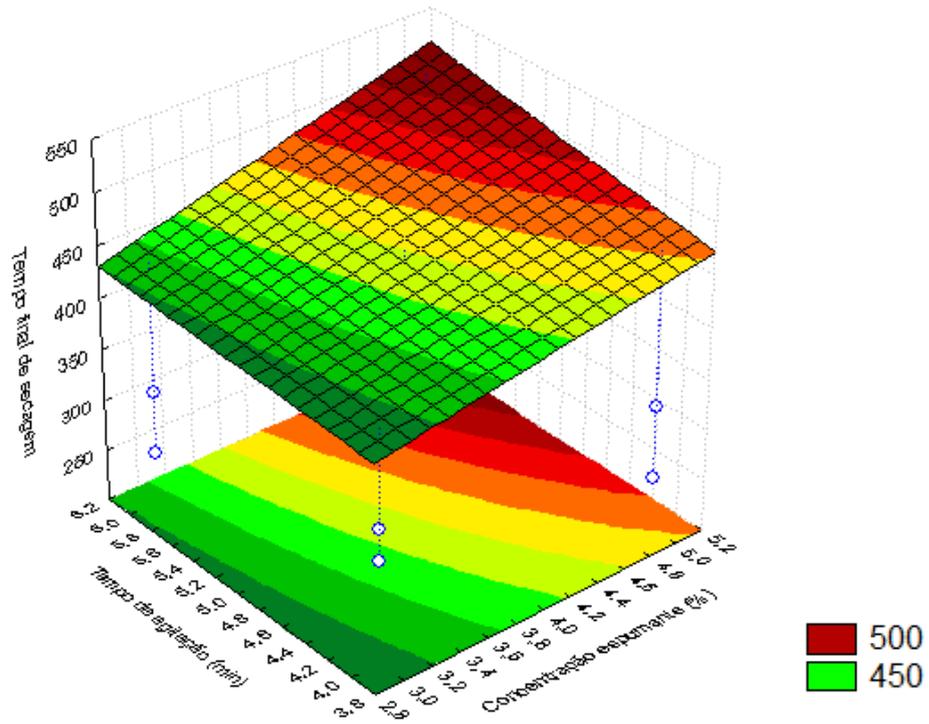


Figura 5.17 – Superfície de resposta para o tempo final de secagem mantendo constante a temperatura de secagem.



Através das análises das superfícies de resposta para o tempo de secagem apresentadas nas Figuras, 5.15, 5.16 e 5.17, é possível confirmar que as variáveis concentração do emulsificante, tempo de agitação e temperatura influenciam no tempo final de secagem. Essas variáveis independentes influenciam de forma negativa, indicando que quanto maior for seus valores menor será o tempo final de secagem.

5.3.2 Cinética de secagem

As curvas da cinética de secagem das espumas da folha de manjeriço são mostradas nas Figuras 5.18, 5.19 e 5.20. As curvas obtidas são da umidade adimensional (X/X_0) em função do tempo de secagem (min) para as temperaturas definidas pelo planejamento experimental fatorial completo, de 50 °C, 60 °C e 70 °C, respectivamente.

Figura 5.18 – Curvas da cinética de secagem da espuma da folha de manjeriço na temperatura de 50 °C.

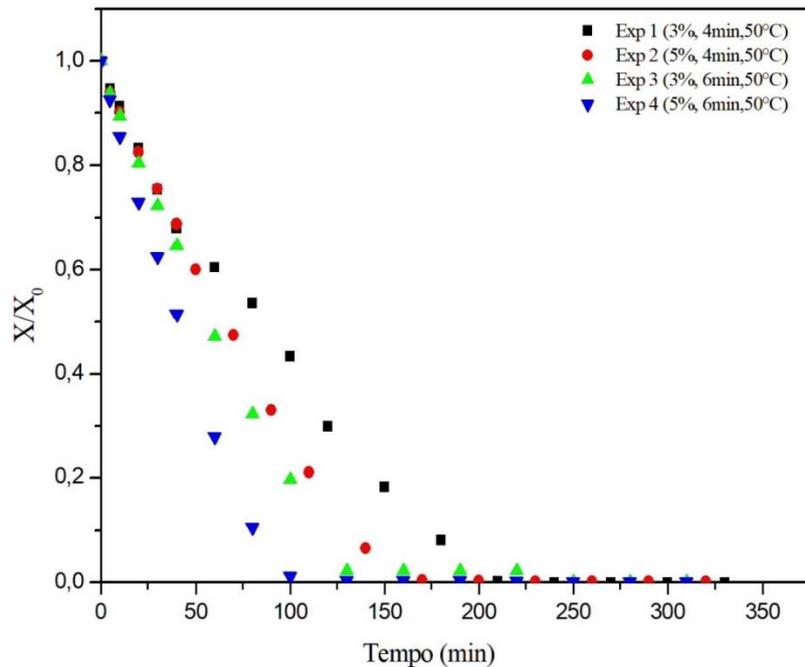


Figura 5.19 – Curvas da cinética de secagem da espuma da folha de manjeriço na temperatura de 60 °C.

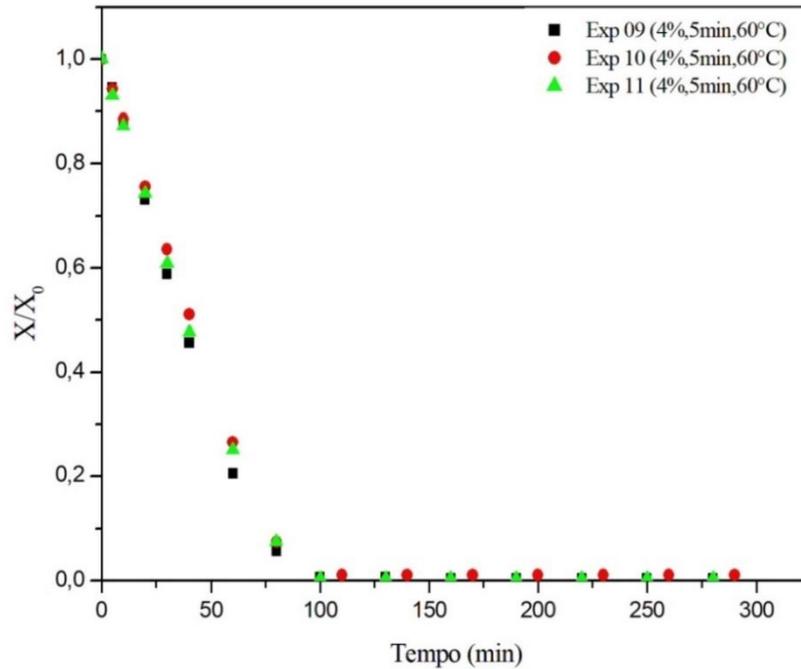
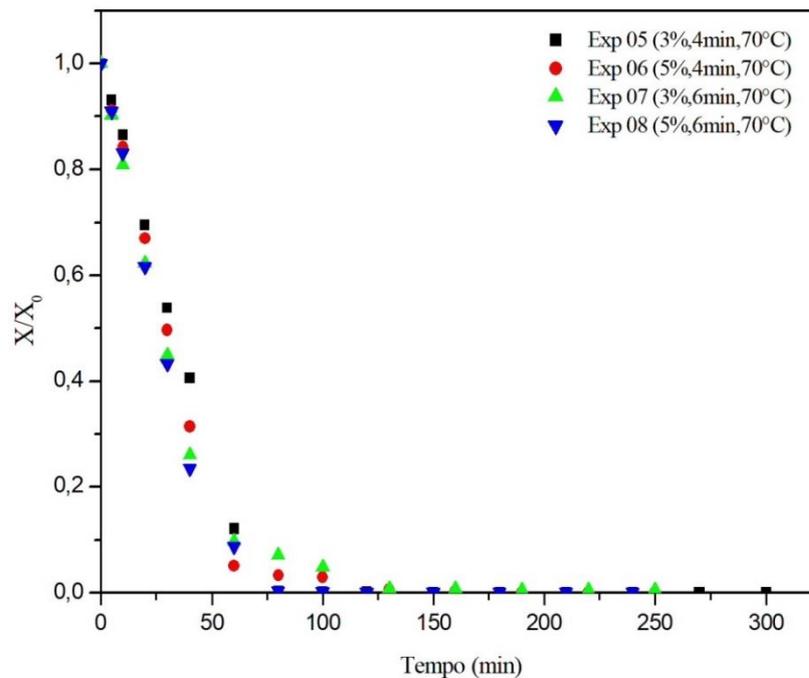


Figura 5.20 – Curvas da cinética de secagem da espuma da folha de manjeriço na temperatura de 70 °C.



A partir das Figuras 5.18, 5.19 e 5.20 foi observado que os maiores tempos de secagem ocorreram nos experimentos com a menor temperatura do planejamento experimental fatorial completo. E na temperatura mais alta observou o menor tempo de secagem (240 minutos), constatando que quanto maior for à temperatura mais rápida será a

evaporação de água livre do material.

O mesmo comportamento das curvas de secagem foi observado nos trabalhos de Silva (2021), na secagem em camada de espuma da folha da amoreira negra, e no de Silva (2020), na secagem em camada de espuma da folha do guajiru.

Silva (2020), trabalhando com a folha da couve manteiga obteve tempo mínimo de 70 minutos para temperatura de 70 °C, e tempo máximo de 250 min, para temperatura de 50 °C.

Nas Figuras 5.21, 5.22 e 5.23 são mostradas as curvas da taxa de secagem ($\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$) em função da umidade em base seca (X_{bs}), nas temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70 °C, respectivamente.

Figura 5.21 – Taxa de secagem em função da umidade em base seca para os experimentos na temperatura de 50 °C.

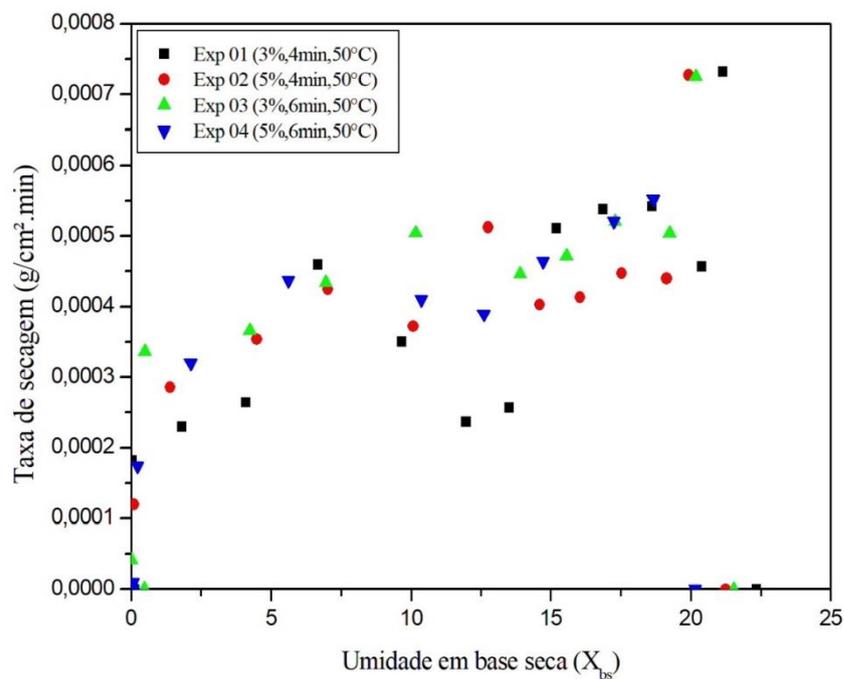


Figura 5.22 – Taxa de secagem em função da umidade em base seca para os experimentos na temperatura de 60 °C.

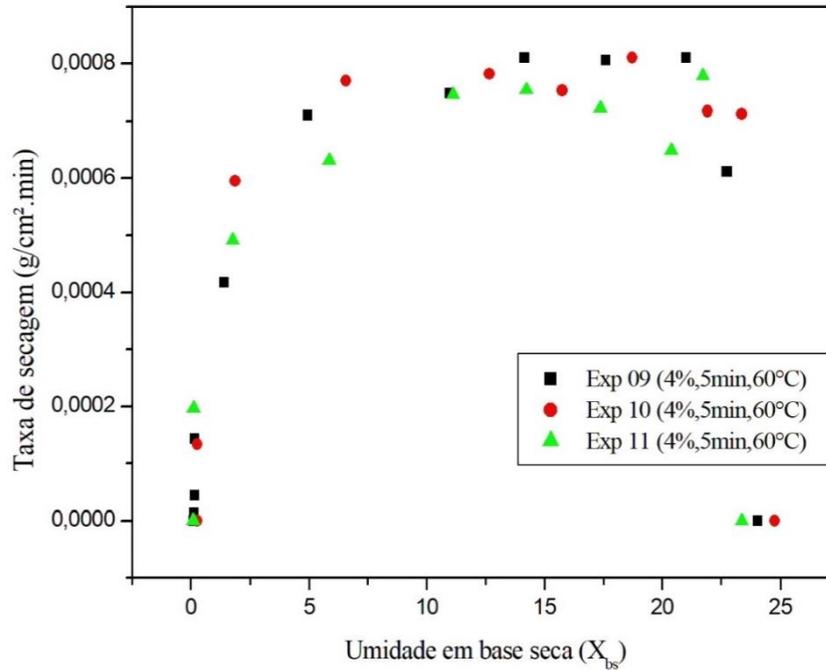
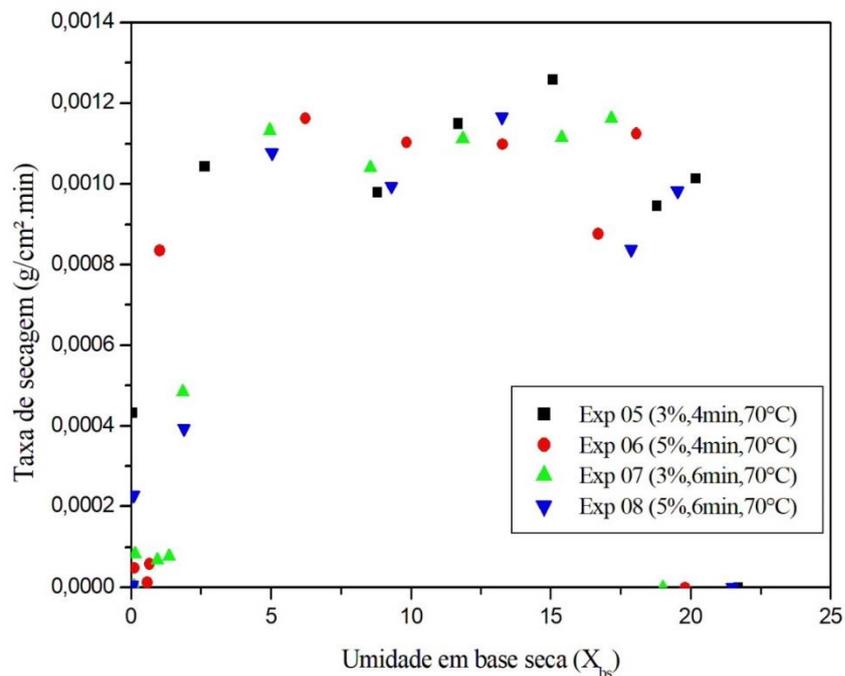


Figura 5.23 – Taxa de secagem em função da umidade em base seca para os experimentos na temperatura de 70 °C.



Pelas curvas de taxa de secagem pode-se analisar que as mesmas apresentam um

comportamento esperado, conforme mostrado nas Figuras 3.3 e 3.4. As curvas apresentam períodos de taxa constante e curtos períodos de taxa decrescente.

As maiores taxas de secagem foram encontradas nos experimentos realizados na temperatura de 70 °C. Também é observado que o comportamento das curvas de cinética de secagem do ponto central do planejamento experimental apresentou boa reprodutibilidade.

5.3.3 Ajustes matemáticos dos dados experimentais

Na Tabela 5.3 são mostrados os coeficientes encontrados para as equações de cada um dos modelos de cinética de secagem testados, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e soma quadrática residual (SQ) para a temperatura de 50 °C.

Tabela 5.3 - Resultados dos ajustes aos modelos testados na temperatura de 50 °C

Modelo	Parâmetros dos modelos matemáticos						
	K	n	a	b	c	R^2	SQ
Page	0,0047	1,2497	-	-	-	0,9531	0,3718
Newton	0,0138	-	-	-	-	0,9430	0,4522
Wang e Singh	-	-	-0,0092	0,0000	-	0,9401	0,4752
Aproximação por Difusão	0,0256 ^{NS}	-	-8,6394 ^{NS}	0,9285 ^{NS}	-	0,9534	0,3695

NS-Parâmetro estatisticamente não significativo

De acordo com a Tabela 5.3, os modelos apresentados podem ser utilizados para representar o processo de secagem em camada de espuma do manjeriço, visto que apresentaram altos valores para o coeficiente de determinação (R^2) e baixo erro padrão (SQ). Com exceção do modelo de aproximação por difusão que não se ajustou aos dados experimentais, pois seus coeficientes não foram estatisticamente significativos.

Dentre os modelos, o que melhor se ajustou aos dados experimentais, na temperatura de 50 °C foi o modelo de Page ($R^2 = 0,9531$ e $SQ = 0,3718$).

As equações ajustadas dos modelos que apresentaram coeficientes estatisticamente significativos estão representadas na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Equações dos modelos matemáticos estatisticamente significativos à cinética de secagem na temperatura de 50 °C.

Modelo	Representação matemática ajustada
Page	$RU = \exp(-0,004712t^{1,249690})$
Newton	$RU = \exp(-0,013780t)$
Wang e Singh	$RU = 1 + (-0,009194t) + (0,000020t^2)$

As Figuras 5.24, 5.25 e 5.26 representam, respectivamente, as curvas de secagem com os ajustes dos modelos matemáticos de Page, Newton e Wang e Singh, seguindo a ordem de maior valor de coeficiente de determinação (R^2) e menor erro padrão (SQ).

Figura 5.24 - Ajuste para o modelo de Page na temperatura de 50 °C.

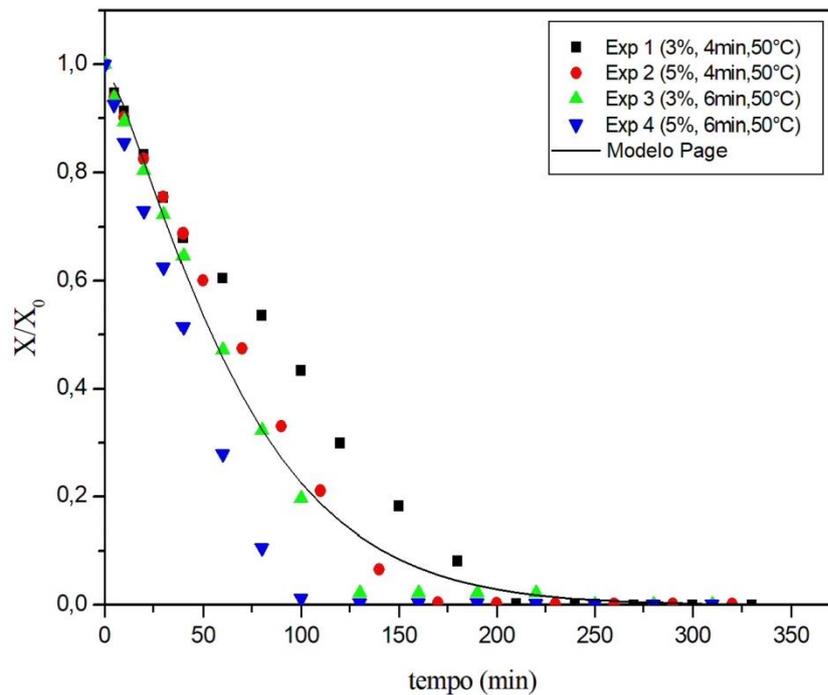


Figura 5.25 - Ajuste para o modelo de Newton na temperatura de 50 °C.

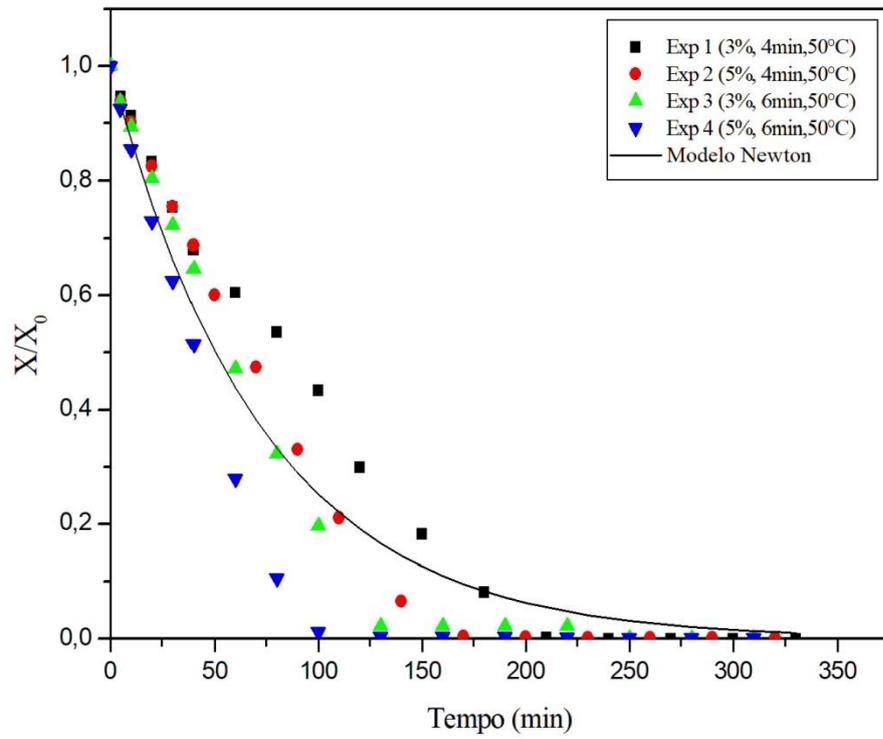
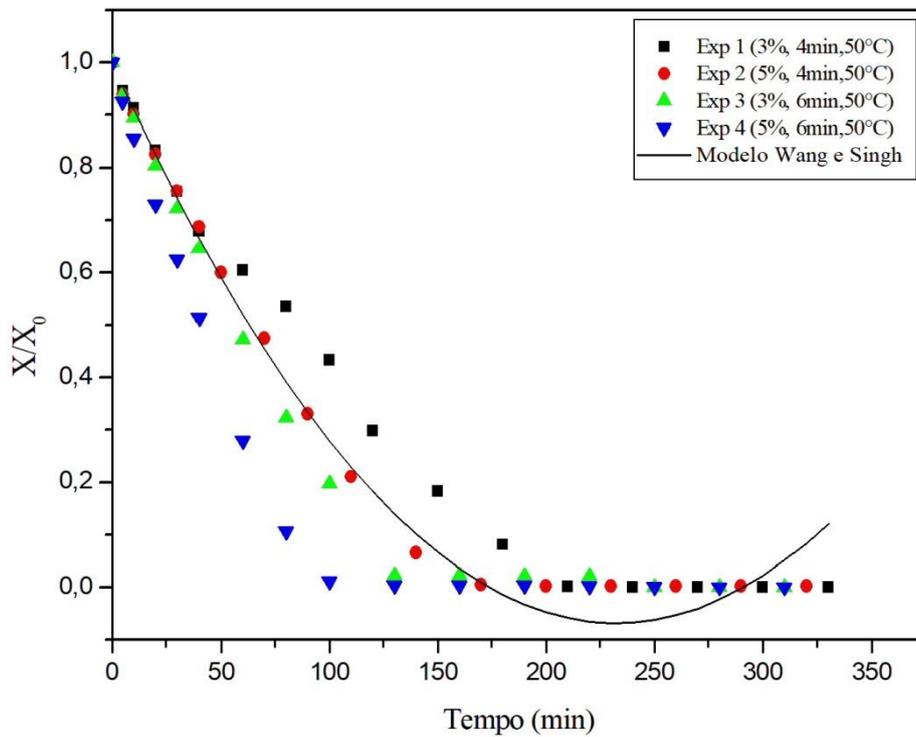


Figura 5.26 - Ajuste para o modelo de Wang e Singh na temperatura de 50 °C.



Na Tabela 5.5 são mostrados os valores encontrados para os coeficientes das equações de cada modelo testado, assim como seu coeficiente de determinação (R^2) e seu erro padrão de estimativa (SQ) para a temperatura de 60 °C.

Tabela 5.5 – Resultado do ajuste dos modelos para a temperatura de 60 °C.

Modelo	Parâmetros dos modelos matemáticos					
	K	n	a	b	R ²	SQ
Page	0,0028	1,5261	-	-	0,9959	0,0211
Newton	0,0212	-	-	-	0,9681	0,1650
Wang e Singh	-	-	-0,0122	0,0000	0,9164	0,4332
Aproximação por Difusão	0,0463 ^{NS}	-	-14,4439 ^{NS}	0,9398 ^{NS}	0,9940	0,0309
Dois termos	100,0000	0,0246	100,0000	1,1329	0,9807	0,0999

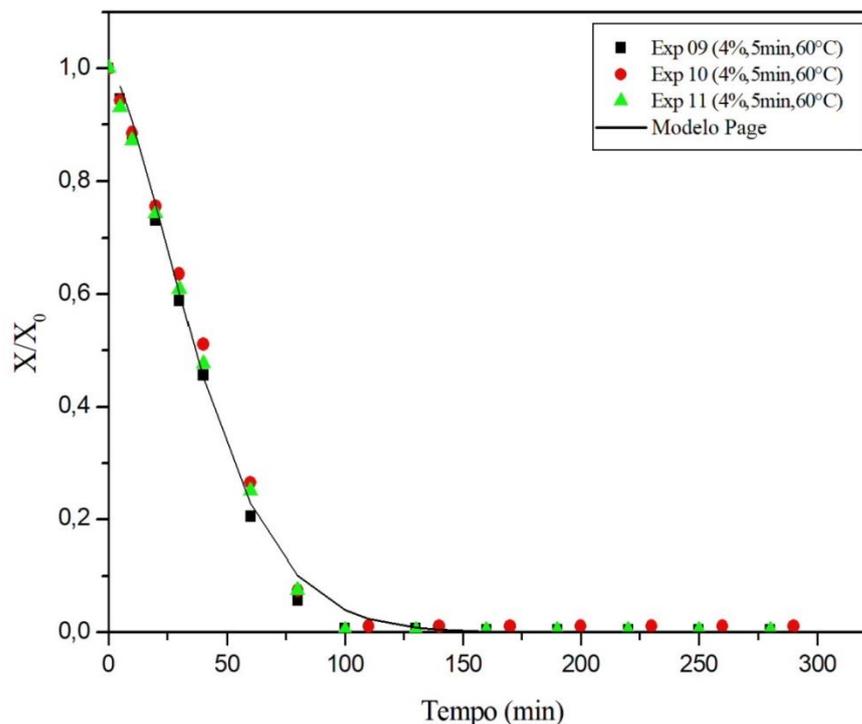
Através dos dados exibidos na tabela 5.5, foi observado que o modelo de aproximação por difusão não se ajustou aos dados experimentais, pois seus coeficientes não foram estatisticamente significativos. Os demais modelos se ajustaram bem, sendo o de Page o melhor ajuste, com o maior valor de R^2 e menor valor de S. As equações dos modelos matemáticos ajustados estão representadas na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Equações dos modelos matemáticos estatisticamente significativos à cinética de secagem na temperatura de 60 °C.

Modelo	Representação matemática ajustada
Page	$RU = \exp(-0,002849t^{1,526081})$
Newton	$RU = \exp(-0,021216t)$
Wang e Singh	$RU = 1 + (-0,012175t) + (0,000033t^2)$
Dois termos	$RU = 100*\exp(-100t) + 1,1329\exp(-0,0246t)$

As curvas de secagem com o ajuste para o modelo de Page na temperatura de 60°C é mostrado na Figura 5.27, já os modelos de Dois termos, Newton e Wang e Singh encontram-se no APÊNDICE A.

Figura 5.27 - Ajuste para o modelo de Page na temperatura de 60 °C.



Na Tabela 5.7 são mostrados os coeficientes encontrados para as equações dos modelos de cinética de secagem testados, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e soma quadrática residual (SQ) para a temperatura de 70 °C.

Tabela 5.7 – Resultado do ajuste dos modelos para a temperatura de 70 °C.

Modelo	Parâmetros dos modelos matemáticos						R^2	SQ
	K	n	a	b	C			
Page	0,0055	1,4569	-	-	-	0,9918	0,4836	
Newton	0,0281	-	-	-	-	0,9693	0,1809	
Wang e Singh	-	-	-0,0134	0,000038	-	0,7958	1,2049	
Aproximação por Difusão	0,0595 ^{NS}	-	-13,9826 ^{NS}	0,9406 ^{NS}	-	0,9909	0,0536	
Logarítmico	0,0314	-	1,1470	-	-0,0164 ^{NS}	0,9823	0,1042	
Henderson e Pabis	0,0327	-	1,1391	-	-	0,9813	0,1104	

NS-Parâmetro estatisticamente não significativo

Na Tabela 5.7, todos os modelos se ajustaram aos dados experimentais da secagem, com exceção dos modelos Aproximação por Difusão e Logarítmico, por não apresentarem coeficientes estatisticamente significativos.

Dentre os modelos testados, os que obtiveram melhor ajuste aos dados foram os modelos de Page e Henderson e Pabis, pois têm maiores coeficientes de determinação. As equações dos modelos matemáticos estão representadas na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 - Equações dos modelos matemáticos estatisticamente significativos à cinética de secagem na temperatura de 70 °C.

Modelo	Representação matemática ajustada
Page	$RU = \exp(-0,005549t^{1,456919})$
Newton	$RU = \exp(-0,028074t)$
Wang e Singh	$RU = 1 + (-0,013432t) + (0,000038t^2)$
Henderson e Pabis	$RU = 0,032692*\exp(-1,139116t)$

As curvas de secagem com os melhores ajustes dos modelos matemáticos para a temperatura de 70 °C estão representadas nas Figuras 5.28 (modelo de Page) e 5.29 (modelo Wang e Singh) por ordem de prioridade de maior valor para o coeficiente de determinação (R^2). Os modelos de Newton e Wang e Singh constam no APÊNDICE B.

Figura 5.28 - Ajuste para o modelo de Page na temperatura de 70 °C.

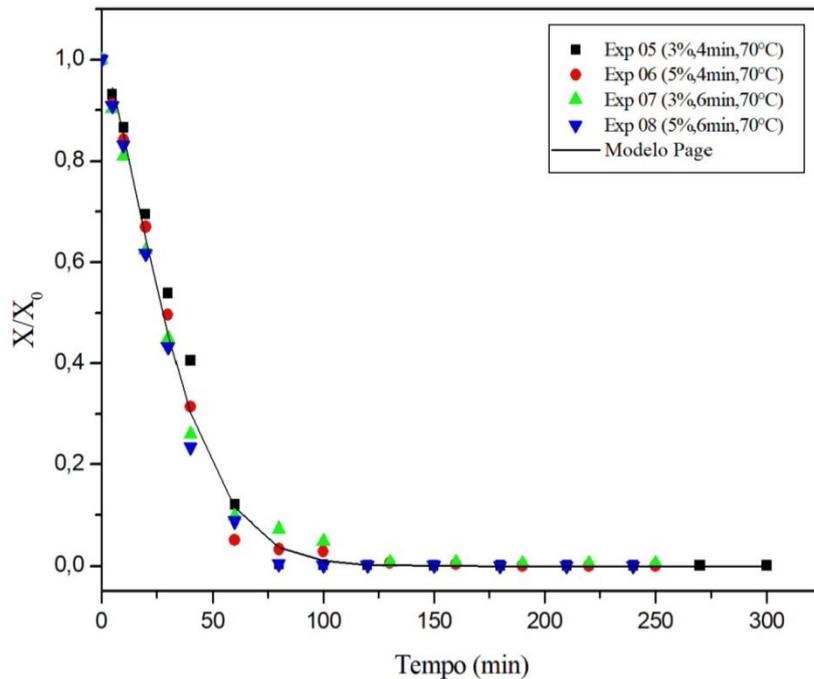
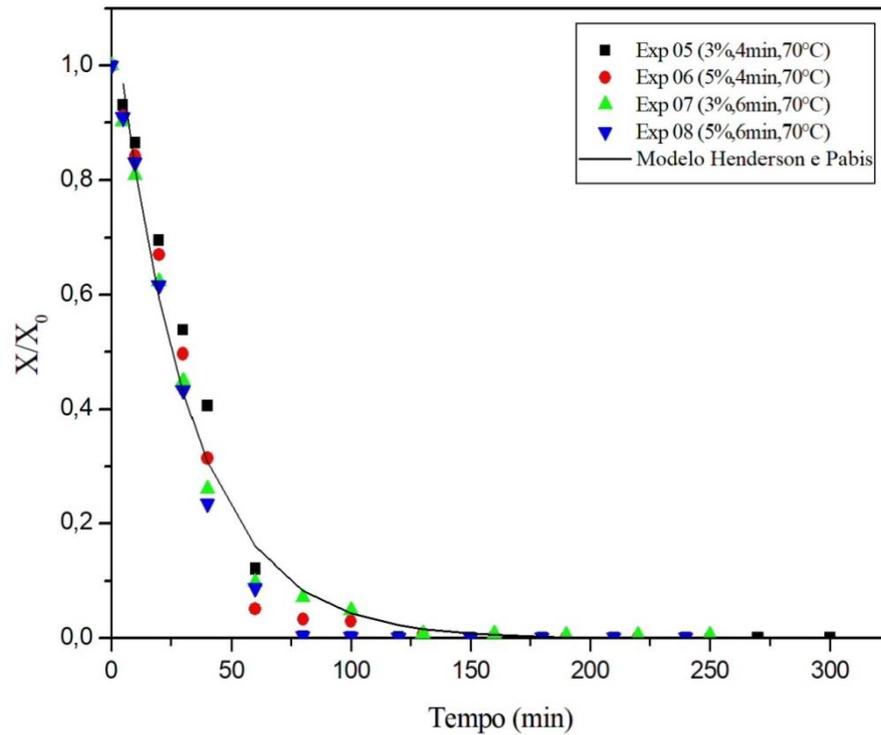


Figura 5.29 - Ajuste para o modelo de Henderson e Pabis na temperatura de 70 °C.



5.4 CARACTERIZAÇÃO DO PÓ DA FOLHA DE MANJERICÃO

Nas Figuras 5.30 e 5.31 são mostrados os pós obtidos ao final da secagem em camada de espuma para os 11 experimentos do planejamento experimental fatorial completo e os pós obtidos por liofilização, respectivamente.

Figura 5.30 - Pós da folha de manjericão obtidos por secagem em camada de espuma dos 11 experimentos.



Figura 5.31 - Pós da folha de manjeriço obtidos por liofilização.



Numa análise qualitativa, os pós obtidos por secagem em camada de espuma dos 11 experimentos mostraram semelhança na coloração e na granulometria, boa fluidez e boa aparência. O pó liofilizado apresentou coloração mais escura em comparação ao pó obtido por secagem em camada de espuma.

5.4.1 Determinação do pH e Sólidos Solúveis Totais (SST)

Na Tabela 5.10 estão dispostos os valores obtidos para pH e SST (°Brix) do pó da folha de manjeriço.

Tabela 5.10 – Valores do pH e SST (°Brix) do pó da folha de manjeriço.

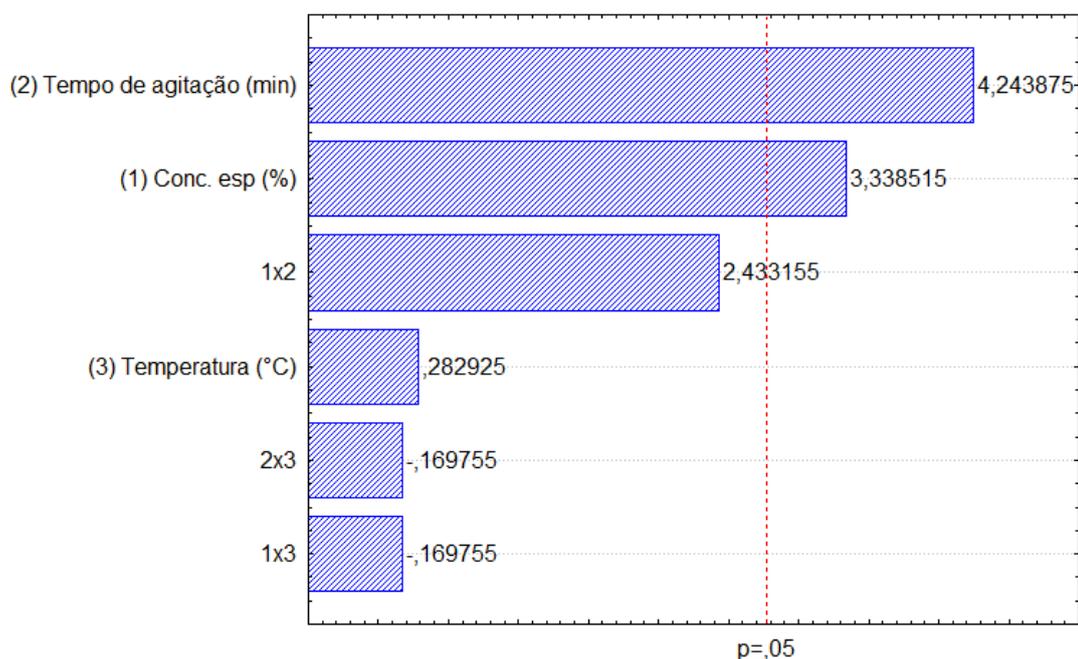
Experimento	C (%)	t _{ag} (min)	T (°C)	SST (°Brix)	pH
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	1,8±0,09	5,99±0,02
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	2,0±0,06	6,01±0,01
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	1,8±0,01	6,05±0,02
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	2,2±0,02	6,31±0,07
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	2,0±0,08	5,99±0,04
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	2,4±0,06	6,01±0,09
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	2,2±0,07	6,05±0,05
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	2,2±0,15	6,31±0,01
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	2,2±0,17	6,0±0,03
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	2,2±0,13	6,0±0,04
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	2,2±0,02	6,0±0,06
CVL				1,6±0,02	5,77±0,02

C – concentração do espumante; tag – tempo de agitação; T – temperatura de secagem; CLV – composto vegetal liofilizado da folha de manjeriço.

Os valores de pH encontrados para o pó da folha de manjeriço apresentaram uma leve diminuição em relação ao valor do pH do composto vegetal que foi de $6,36 \pm 0,04$. Para o pó obtido dos 11 experimentos do planejamento experimental e para o pó liofilizado o pH encontrado foi em torno de 6,0, sendo todos os pós obtidos levemente ácidos. Logo não houve grande variação de pH, ou seja, a incorporação do emulsificante e a secagem em camada de espuma não modificou significativamente o produto final.

Pelo diagrama de Pareto (Figura 5.32) pode ser observado que as variáveis tempo de agitação e concentração do espumante são estatisticamente significativa para a resposta pH, tendo como influência sinais positivos.

Figura 5.32 - Diagrama de Pareto para o pH do pó da folha de manjeriço



Para os sólidos solúveis totais dos pós obtidos por secagem em camada de espuma foi observado uma variação de $1,8 \pm 0,01$ °Brix a $2,4 \pm 0,06$ °Brix. O pó liofilizado apresentou valor inferior ($1,6 \pm 0,02$ °Brix) de teor de sólidos solúveis em relação aos obtidos por secagem em camada se espuma.

Ferreira et al. (2015), encontrou valor de 2,95 °Brix, no seu estudo do teor de sólidos solúveis para o sistema de produção orgânica do manjeriço. Valores próximos aos encontrados neste trabalho.

De acordo com a análise estatística, nenhuma das variáveis independentes e nenhuma das interações entre elas influenciaram significativamente, dentro do intervalo de confiança de 95% nos sólidos solúveis totais do pó da folha de manjeriço obtido por secagem em camada de espuma. Esse resultado pode ser observado no diagrama de Pareto mostrado no APÊNDICE C.

5.4.2 Determinação do Rendimento Teórico (RT) e do índice de solubilidade em água (ISA)

Na Tabela 5.11 estão dispostos os valores do rendimento teórico e do índice de solubilidade em água dos pós da folha de manjeriço obtidos no final de cada secagem.

Tabela 5.11 – Resultados para o rendimento teórico (RT) e do índice de solubilidade em água (ISA) dos pós.

Experimento	C (%)	t _{ag} (min)	T (°C)	RT (%)	ISA (%)
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	4,32	32,34±0,05
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	4,77	36,33±0,21
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	4,57	54,58±0,14
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	4,79	35,33±0,11
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	4,52	21,19±0,09
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	4,90	23,27±0,07
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	5,48	45,47±0,01
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	4,55	20,55±0,07
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	4,48	43,56±0,41
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	4,54	43,59±0,08
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	4,52	42,81±0,18
CVL					22,45±0,32

C – concentração do espumante; tag – tempo de agitação; T – temperatura de secagem; CLV – composto vegetal liofilizado da folha de manjeriço.

De acordo com a Tabela 5.11, o rendimento médio de todo o processo de secagem em camada de espuma da folha de manjeriço foi de 4,68%, sendo o maior valor encontrado de 5,48% referente ao experimento 7, que possui uma menor concentração de espumante (3%), maior tempo de agitação (6 min) e maior temperatura (70 °C) e o menor valor 4,32% para o experimento 1 referente ao ponto mínimo do planejamento experimental.

O baixo rendimento dos experimentos de secagem em camada de espuma pode ser esclarecido pela adição de água na formação do composto vegetal das folhas de manjeriço.

Comparando com outros estudos de secagem em camada de espuma de plantas, tem-se que ao realizar a secagem com a folha da hortelã-da-folha-miúda, Leite (2018) encontrou

valores de rendimentos menores, entre 1,304 e 2,897%. Enquanto Oliveira (2018) encontrou valores de rendimentos maiores, máximos de 7,06% (3%, 3 min, 70 °C) ao trabalhar com a folha da graviola.

Pela análise estatística nenhuma das variáveis independentes e nem suas interações influenciaram na resposta do rendimento teórico, para um nível de confiança de 95% (Apêndice D).

A solubilidade é um dos parâmetros utilizado para verificar a capacidade do pó em se manter em uma mistura homogênea com água (VISSOTO et al, 2006).

Ainda de acordo com a Tabela 5.11, observou-se que o maior valor de solubilidade foi referente ao experimento 3 (3%, 6min, 50°C), com $54,58 \pm 0,14\%$ e o menor valor obtido foi no experimento 8 (5%, 6min, 70°C) com $20,55 \pm 0,07\%$. Para o pó liofilizado, o valor de ISA obtido foi de $22,45 \pm 0,32\%$, valor esse inferior a maioria dos pós obtidos por secagem em camada de espuma, mostrando mais uma vez a eficácia do método de secagem em camada de espuma.

Comparando com outros trabalhos de secagem em camada de espuma de plantas, tem-se que Leite (2018), na secagem da hortelã da folha miúda obteve um percentual de até 98,15% para solubilidade. Oliveira (2018), no estudo com o pó da folha da graviola obteve valores entre $41,77 \pm 0,68$ e $49,07 \pm 1,27$. Silva (2020), na secagem da folha de guajiru, apresentou ISA inferiores a 20%.

Os resultados do Índice de Solubilidade em água para o pó da folha de manjeriço em camada de espuma não sofreram influência significativa ($p < 0,05$) das variáveis independentes nem de suas interações, podemos verificar no diagrama de Pareto (APÊNDICE E).

5.4.3 Determinação da atividade de água (a_w) e Umidade (%)

Na Tabela 5.12 estão apresentados os valores da atividade de água (a_w) e umidade do pó da folha de manjeriço.

O maior valor de atividade de água dos pós obtidos pela secagem em camada de espuma foi de $0,525 \pm 0,01$ referente ao experimento do ponto mínimo do planejamento experimental (experimento 1) e o menor valor foi de $0,256 \pm 0,01$ referente ao experimento 6.

Para o pó obtido por liofilização, o valor da atividade de água foi de $0,425 \pm 0,09$, valor semelhante aos encontrados nos pós obtidos pela secagem em camada de espuma, indicando que a técnica é viável para obtenção desses pós.

Os pós obtidos da secagem em camada de espuma da folha de manjeriço apresentaram condições adequadas para armazenamento e conservação, pois segundo Quek, Chok e Swedlund (2007), alimentos com a_w menores que 0,6 são considerados microbiologicamente estáveis e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de micro-organismos.

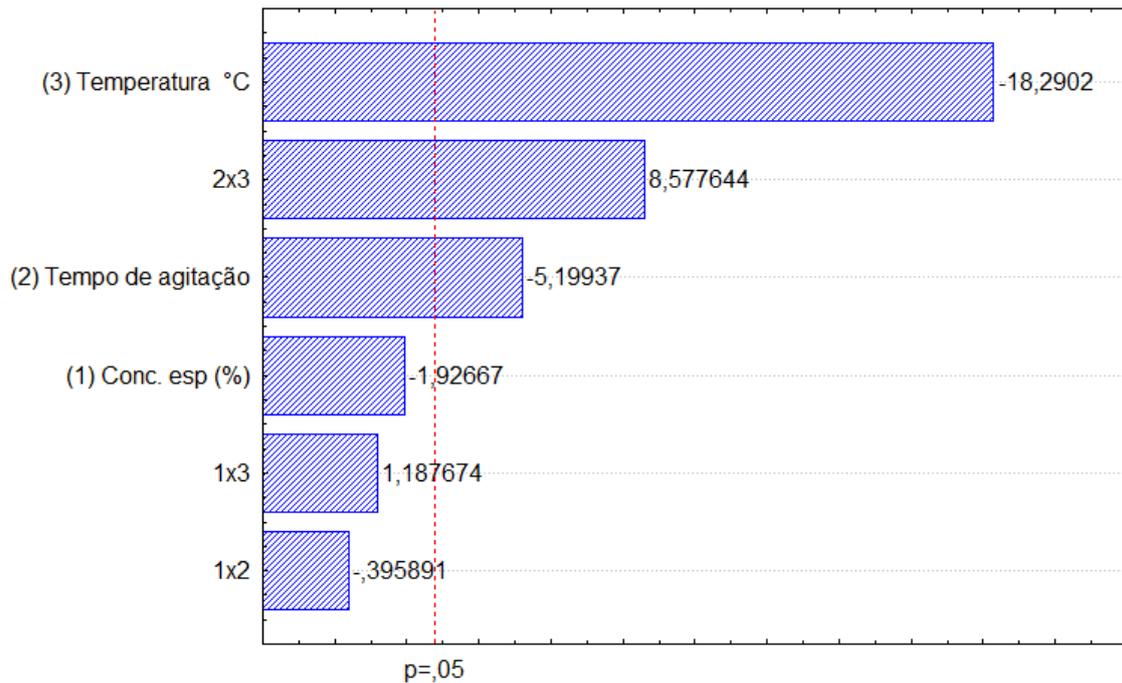
Tabela 5.12 – Valores médios obtidos para a atividade de água (a_w) e umidade do pó da folha de manjeriço.

Experimento	C (%)	T _{ag} (min)	T (°C)	a_w	Umidade (%)
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	0,525±0,01	9,029±0,12
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	0,508±0,00	8,068±0,24
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	0,407±0,08	8,431±0,35
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	0,365±0,01	7,912±0,17
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	0,268±0,00	8,440±0,01
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	0,256±0,01	8,356±0,00
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	0,295±0,00	6,980±0,08
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	0,293±0,02	7,335±0,09
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	0,342±0,00	8,864±0,04
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	0,355±0,00	8,740±0,10
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	0,353±0,09	8,561±0,21
CVL				0,425±0,09	6,970±0,27

C – concentração do espumante; t_{ag} – tempo de agitação; T – temperatura de secagem; CLV – composto vegetal liofilizado da folha de manjeriço.

Ao analisar estatisticamente as variáveis independentes pela Figura 5.33, foi possível verificar que a variável temperatura (°C), o tempo de agitação (min) e a interação entre o tempo de agitação e a temperatura influenciaram de forma significativa a atividade de água, para o intervalo de confiança de 95%. Sendo a maior influência da temperatura, que tem sinal negativo (-18,2902), indicando que o aumento na temperatura diminui a atividade de água do pó da folha de manjeriço.

Figura 5.33- Diagrama de Pareto para a atividade de agua do pó da folha do manjericão



Para a umidade, o maior valor encontrado foi de $9,029 \pm 0,12$ para o experimento do ponto mínimo do planejamento experimental (experimento 1) e o menor valor de $7,335 \pm 0,09\%$ para o experimento do ponto máximo do planejamento experimental (experimento 8). Para o pó liofilizado o valor de umidade foi de $6,970 \pm 0,27$, resultado um pouco inferior dos obtidos pela secagem em camada de espuma.

Oliveira e Soares (2012) encontraram valor de umidade para o manjericão desidratado de $8,78 \pm 0,003$, resultado próximo a todos os níveis do planejamento experimental desta pesquisa.

Pela análise estatística não foi observado significância de nenhum parâmetro analisado a ($p < 0,05$) para a variável de resposta da umidade do pó. O resultado pode ser observado pelo diagrama de Pareto da umidade do pó (%) apresentado no Apêndice F.

5.4.4 Determinação do teor de cinzas (macronutriente) do pó da folha de manjericão

Na Tabela 5.13 estão dispostos os valores do teor de cinzas do pó da folha de manjericão obtidos na secagem em camada de espuma para todos os experimentos do planejamento experimental fatorial completo.

Tabela 5.13 – Resultado do teor de cinzas do pó da folha de manjeriço.

Experimento	C (%)	T _{ag} (min)	T (°C)	Cinzas (%)
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	12,91±0,02
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	11,83±0,12
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	13,89±0,06
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	11,83±0,01
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	12,94±0,08
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	11,60±0,11
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	13,39±0,16
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	11,02±0,14
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	11,97±0,07
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	12,57±0,15
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	12,12±0,09
CVL				11,23±0,51

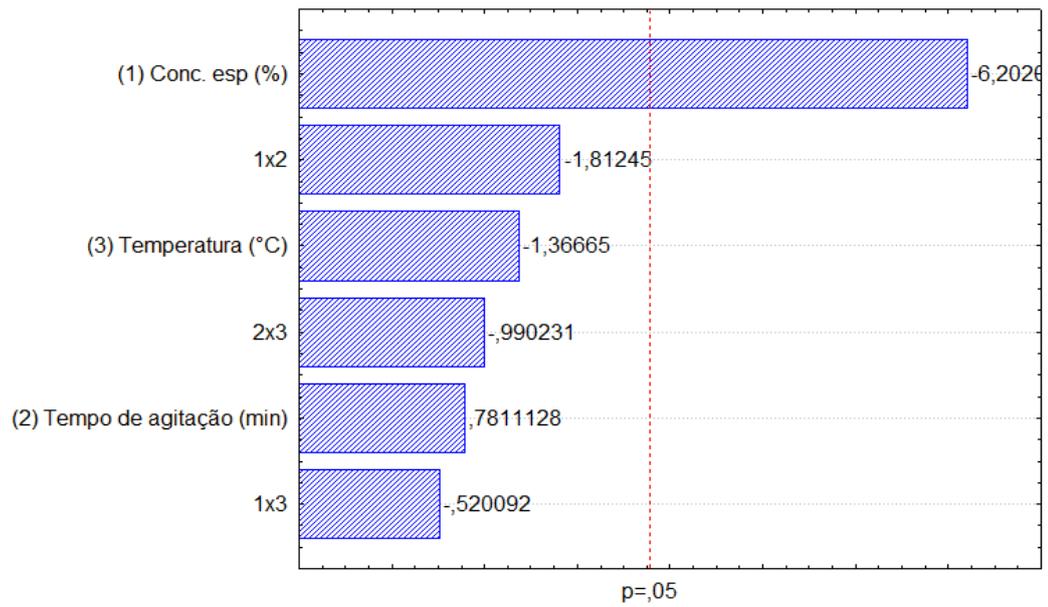
C – concentração do espumante; t_{ag} – tempo de agitação; T – temperatura de secagem; CLV – composto vegetal liofilizado da folha de manjeriço.

Os resultados dos teores de cinza dos 11 experimentos expostos na Tabela 5.13 apresentaram valores próximos entre si, sendo o maior valor referente ao experimento 3, com 13,89±0,06% e o menor valor foi de 11,02±0,14%, referente ao experimento 8, observando que o teor de cinzas do pó diminui com o aumento da concentração do espumante. Para o pó obtido por liofilização o teor de cinzas foi de 11,23±0,51, um valor próximo aos obtidos por secagem em camada de espuma.

Oliveira e Soares (2012), ao desidratar a folha de alfavaca, encontrou valor inferior de teor de cinzas de 8,78±0,003%.

Pela análise estatística dos resultados obtidos (Figura 5.34) foi observado que a variável independente concentração do agente espumante influenciou significativamente ($p < 0,05$) no teor de cinzas. A influência foi de sinal negativo (-6,20207), ou seja, quanto menor for à concentração do espumante, maior será o resultado para o teor de cinzas.

Figura 5.34 - Diagrama de Pareto para o teor de cinzas do pó da folha de manjeriçao



6 CONCLUSÃO

- Concentração de emulsificante Portogel® variando de 3% a 5%, tempo de agitação variando de 4 a 6 minutos e temperatura de secagem variando de 50 a 70°C.
- As espumas produzidas apresentaram boa estabilidade nas temperaturas de secagem, tendo o volume drenado médio de 1,49 mL, densidade entre 0,10 e 0,12g/mL e percentual de expansão volumétrica média de 662,17%.
- As curvas de cinética de secagem obtidas apresentaram longo período de taxa constante e curtos períodos de taxa decrescente. A temperatura, variável independente do processo, se mostrou inversamente proporcional ao tempo de secagem, sendo o experimento 8 o que obteve o menor tempo de secagem (240 minutos).
- Os modelos matemáticos de Newton, Page e Wang e Singh, se ajustaram aos dados experimentais em todas as temperaturas (50°C, 60°C, 70°C), sendo o modelo de Page o que apresentou o melhor ajuste aos dados da cinética de secagem das espumas.
- As análises físico-químicas do pó obtido obtiveram como resultados: pH levemente ácido, variando de 5,99 a 6,31; rendimento teórico médio de 4,68%; solubilidade em água variando de $54,58 \pm 0,14\%$ a $20,55 \pm 0,07\%$; SST entre $1,8 \pm 0,09^\circ\text{Brix}$ a $2,4 \pm 0,04^\circ\text{Brix}$; teor de cinzas, diminuiu com o aumento da concentração do espumante; atividade de água do pó apresentou resultados entre $0,256 \pm 0,01$ e $0,525 \pm 0,01$, se mantendo na faixa considerada segura para conservação de alimentos e o menor valor de umidade do pó encontrado foi $7,335 \pm 0,09\%$ para o experimento do ponto máximo do planejamento experimental.
- Os pós obtidos por secagem em camada de espuma apresentaram resultados satisfatório e semelhantes do pó obtido por liofilização, onde foram preservadas as características da planta

REFERÊNCIAS

- AKPINAR, E. K., BICER, Y., YILDIZ, C. Thin layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering**, v.59, p.99-104, 2003.
- ALMEIDA, Z.M. de. **Plantas medicinais** / Mara Zélia de Almeida. – 3. Ed. – Salvador: EDUFBA, 2011.221 p.
- BALUNAS, M.J. & KINGHOM, A.D. Drug discovery from medicinal plants. **Life Sciences**, v. 78, n. 5, p. 431-441, 2005.
- BLANK, A. F.; SOUZA, E. M.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; PAULA, J. W. A.; ALVES, P. B. Novas Cultivares Maria Bonita: cultivar de manjeriço tipo linalol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1811-1813, 2007.
- BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 113-116, 2004.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2004. **Resolução 218/2005 de 29 de julho de 2005**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Higiénico-Sanitários para Manipulação de Alimentos e Bebidas Preparados com Vegetais. Diário Oficial da União, Brasília, 29 de julho de 2005.
- CARNEIRO, D. D. **Desidratação de alimentos por foam-mat drying**. 9 p. Seminário (Processamento de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.
- CAROVIC-STANKO, K.; ŠALINOVIĆ, A.; GRDIŠA, M.; LIBER, Z.; KOLAK, I.; & SATOVIC, Z. Efficiency of morphological trait descriptors in discrimination of *Ocimum basilicum* L. accessions. Plant Biosystems-An International. **Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, v. 14, n. 2, p. 298-305, 2011.
- CARVALHO, A.F. **Cultivo de plantas medicinais**. Raul Soares. 2004.54p. Apostila.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; EHLERT, P. A. D; MELO, A. S.; CAVALCANTI, S. C. H; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVAMANN, R.. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 24-30, 2006. DOI: 10.1590/S0102-695X2006000100007.
- CARVALHO, M. S. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leite de espuma**. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2014.
- CELESTINO, S. M. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Documentos 217. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Planaltina-DF, 2010.

COSTA, L.; MONTANO, Y.M.; CARRIÓN, C.; ROLNY, N.; GUIAMET, J.J. Application of low intensity light pulses to delay postharvest senescence of *Ocimum basilicum* leaves. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 181–191, 2013.

COUTO, M. E. O. **Coleção de plantas medicinais aromáticas e condimentares**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 91p. 2006.

DANTAS, S. C. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

DANESI, F., ELEMENTI, S., NERI, R., MARANESI, M., D'ANTUONO, L. F., & BORDONI, A. (2008). Effect of cultivar on the protection of cardiomyocytes from oxidative stress by essential oils and aqueous extracts of basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 56(21), 9911–9917.

DOYMAZ, I. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.243-248, 2007.

EKREN, S.; SÖNMEZ, Ç.; OZÇAKAL, E.; KURTTAS, Y.S.K.; BAYRAM, E.; GÜRGÜLÜ, H. The effect of irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). **Agricultural Water Management**, v. 109, p. 155– 161, 2012.

FEIJÓ, A.M.; BUENO, M.E.N.; CEOLIN, T.1.; LINCK, C.L.; SCHWARTZ, E.; LANGE, C.; MEINCKE, S.M.K.; HECK, R.M.; BARBIERI, R.L.; HEIDEN, G. Plantas medicinais utilizadas por idosos com diagnóstico de diabetes mellitus no tratamento dos sintomas da doença. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**. v.14, n.1, p.50-56, 2012. DOI: 10.1590/S1516-05722012000100008.

FEMENIA, A.; SASTRE-SERRANO, G.; SIMAL, S.; GARAU, M.C. VALERIA, S.; ROSSELLO, E. C. Effects of drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 1. P. 106 – 112, 2009.

FERNANDES, P.C.; FACANALI, R.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; MARQUES, M.O.M. Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.260 – 264, 2004.

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. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1267-1278, 2014.

FRANÇA, Matheus Filipe de Moraes Sousa et al. Germination test and ornamental potential of different basil cultivars (*Ocimum* spp.). **Ornamental Horticulture**, v. 23, n. 4, p. 385-391, 2017.

FRANÇA, I. S. X.; SOUZA, J. A.; BAPTISTA, R. S.; BRITTO, V. R. S. Medicina popular: benefícios e malefícios das plantas medicinais. **Revista Brasileira de Enfermagem**. v. 61, n. 2, p. 201-208, 2008. DOI: 10.1590/S0034-71672008000200009.

FRANCO, T. S.; PERUSSELLO, C. A.; ELLENDERSEN, L. N.; MASSON, M. L. Effect of process parameters on foam mat drying kinetics of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and thin-layer drying modeling of experimental data. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, n. 1, p. e12264, 2017.

FRANCO, T. S. **Desidratação de suco de yacon pelo método de camada de espuma**. 190 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FREIRE, E. S.; ROMEU, A. P.; PASSOS, F. V. Aproveitamento de resíduos e subprodutos da pós-colheita do cacau. Ilhéus. CEPLAC/ CEPEC. 24p, 1990.

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

FERREIRA, L. L.; DOS SANTOS, E. C.; LIMA, R. K. B.; DA SILVA, H. E. R.; PORTO, V. C. N. Análise físico-química de olerícolas condimentares produzidas em sistema de produção convencional e orgânico. **Educação Ambiental em Ação**, v. 51, 2015.

FILIP, S.; VIDOVI, S.; ADAMOVIC, D.; ZEKOVIC, Z. Fractionation of non-polar compounds of basil (*Ocimum basilicum* L.) by supercritical fluid extraction (SFE). **Journal of Supercritical Fluids**, v. 86, p. 85-90, 2014. DOI: 10.1016/j.supflu.2013.12.001.

GASPARIN, P. P. **Secagem da Mentha piperita em leito fixo utilizando diferentes temperatura e velocidades de ar**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

HABER, Lenita Lima; CLEMENTE, Flávia M. V. T. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura**. 1. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013.

HALBERSTEIN, R.A. Medicinal plants: historical and cross-cultural usage patterns. **Annals of Epidemiology**, v.15, p. 680-699, 2005.

HANIF, M.A.; AL-MASKARI, M.Y.; AL-MASKARI, A.; AL-SHUKAILI, A.; AL-MASKARI, A.Y.; AL-SABAHI, J.N. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of unexplored Omani basil. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.5, n.5, p.751-757, 2011

HASSAN, F.A.S.; MAHFOUZ, S.A. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on sweet basil leaf senescence and ethylene production during shelf-life. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, p. 61-65, 2010.

JANNUZZI, H. **Rendimento e caracterização química do óleo essencial de genótipos de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) no Distrito Federal**. 2013. 69 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

KALLUF, L. J. H. **Fitoterapia funcional, parte 1: dos princípios ativos à prescrição de fitoterápicos**. 1. ed. Sao Paulo: VP Ed., 2008. 304 p.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, p. 337-343, 1999.

KEEY, R. B. **Drying of loose and particulate material**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, p. 215-251, 1992.

KÉITA, S. M., VINCENT, C.;SCHMIT J. P.;ARNASON, J. T.;BÉLANGER, A. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.). **Journal of Stored Products Research**.v.37, n.4, p. 339-349, 2001.

KUDRA, T.; RATTI, C. Foam-mat drying: Energy and cost analyses. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 48, p. 3.27-3.32, 2006.

LAMEIRA. O. A; PINTO J. E. B. P. **Plantas medicinais: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental. 264p, 2008.

LEITE, A. C. **Estudo da cinética de secagem em camada de espuma (foam-mat drying) da hortelã-da-folha-miúda (*Mentha crispata*)**. Dissertação (Mestre em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

LIMA, R. A. B.; **Análise da secagem convectiva de folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. 145f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

LINGUANOTO NETO, N. Ervas e especiarias: com suas receitas: Dicionário gastronômico. São Paulo: Ed. Gourmet Brazil, 2006.160 p.

LOPES, C.R. et al. *Folhas de chá*. Viçosa: UFV, 2005.

LOUGHRIN, J. H.; KASPERBAUER, M. J. L. Light reflected from colored mulches affects aroma and phenolic content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 1331-1335, 2001. DOI: 10.1021/jf0012648.

LUZ, J.M.Q; MORAIS, T.P.S; BLANK, A.F.; SODRÉ, A.C.B.; OLIVEIRA, G.S. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjeriço sob doses de cama de frango. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.3, p.349 – 353, 2009.

MACHADO, F.M.V.F.; BARBALHO, S.M.; SILVA, T.H.P.; RODRIGUES, J.S.; GUIGUER, E.L.; BUENO, P.C.S.; SOUZA, M.S.S.; DIAS, L.S.B.; WIRTTIJORGE, M.T.; PEREIRA, D.G.; NAVARRO, L.C.; SILVEIRA, E.P.; ARAÚJO, A.C. Efeitos do uso de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) no perfil bioquímico de ratos. **Journal Health Science Institute**, v.29, n.3, p.191 – 194, 2011.

MACIEL, M.A.M. et al. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Quimica Nova**, v.25, n.3, p.429-38, 2002.

MANGUEIRA, E. R. **Estudo da secagem em camada de espuma (foam-mat drying) do ovo de pata**. 111 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

MARCINKOWSKI, E. A. **Estudo da cinética de secagem, curva de sorção e predição de propriedades termodinâmicas de proteína texturizada de soja**. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

MARTINAZZO, A. P.; MELO, E. C.; DEMUNER, A. J.; BERBERT, P. A. Avaliação do óleo essencial folhas de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf após o processo de secagem. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 12, p. 115-122, 2013.

MARTINS, E.R. **Morfologia interna e externa caracterização isoenzimática e óleo essencial de *Ocimum selloi* benth**. 1996. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

MAYTA, S. M.; MASSARANI, G.; PINTO, J. C. Modeling of grain drying in continous cross-flow sliding bed dryes. **The Canadian Journal od Chemical Engineering**, v. 74, p. 797-805, 1996.

MCMINN, W. A. M. Thin-layer modeling of the convective, microwave, microwaveconvective and microwave-vacuum drying of lactose powder. **Journal of Food Engineering**, v.72, p.113-123, 2006.

MELO, K. D. S; FIGUEIRÊDO, R. M. F. 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.

MESSIAS, UELITON. Resposta pós-colheita à injúria por frio de três cultivares de manjericão (*Ocimum basilicum* L.). 2004. 36f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NASCIMENTO, S. P. **Estudo da secagem do noni (*Morinda citrifolia* L.) em camada de espuma (foam-mat drying)**. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

OLIVEIRA, B. F. **Secagem da folha da graviola (*Annona muricata* Linn) pelo método de camada de espuma (foam-mat drying)**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

OLIVEIRA, D. C. R.; SOARES, E. K. B. Elaboração e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de produtos desidratados obtidos a partir de matérias-primas amplamente consumidas na Amazônia. **Scientia Plena**. Aracajú, v.8 n.5, 051501. 2012.

PACHU, C. O. **Processamento de plantas medicinais para obtenção de extratos secos e líquidos**. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

PARK, K. J.; YADO, M. K.; BROD, F. P. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 21, p. 288-292, 2001.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Apostila de conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas, 121 p, 2007.

PAVIANI, L.C. **Extração com CO₂ a altas pressões e fracionamento do óleo essencial de capim-limão utilizando peneiras moleculares**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim-RS, 2004.

PEREIRA, R.C.A.; MOREIRA, A.L.M. **Manjeriço: cultivo e utilização**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 31 p. il. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 136).

PHIPPEN, W. B.; SIMON, J.E. Anthocianin Inheritance and Instability in Purple Basil. **Journal of Heredity**, v.91, n.4, p.289-296, 2000.

PRAVUSCHI, P.R.; MARQUES, P.A.A.; RIGOLIN, B.H.M.; SANTOS, A.C.P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum L.*). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.4, p.687 – 693, 2010.

PRAVUSCHI, P. R.; RIGOLIN, B. H. M.; MARQUES, P. A. A. Manjeriço irrigado: alternativa a extração predatória do pau-rosa. In: **III Fórum Ambiental da Alta Paulista**, 2007, Tupa, SP. UNESP, 2007. v. 3.

QUEK, S.Y.; CHOK, N.K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v.46, n.5, p.386-392, 2007.

RABELO, M.; SOUZA, E.P.; SOARES, P.M.G.; MIRANDA, A.V.; MATOS, F.J.A; CRIDDLE, D.N. Antinociceptive properties of the essential oil of *Ocimum Gratissum L.* **Brazilian Journal Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.36, n.4, p.521-524, Apr.2003.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.1452-1459, 2007.

ROSADO, L.D.S.; PINTO, J.E.B.P.; BOTREL, P.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.; NICULAU, E.S.; ALVES, P.B. Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e composição química do óleo essencial de manjeriço cv. Maria Bonita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.2, p.291-296, 2011.

SANTOS, Elmano Ferreira dos. **Seleção de tipos de *Ocimum basilicum* L. de cor púrpura para o mercado de plantas ornamentais**. 2007. 60p. Tese (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SANGAMITHRA, A.; SIVAKUMAR, S. G.; JOHN, S. G.; KANNAN, K. Foam mat drying of food materials: A review. **Journal of Food Processing and preservation**, v. 6, n. 39, p. 3165-3174, 2014.

SCHENKEL, E.P.; GOSMAN, G.; PETROVICK, P.R. Produtos de origem vegetal e o desenvolvimento de medicamentos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFRGS/UFSC, 2000. cap. 15.

SILVA, P. B. **Secagem da folha da amoreira negra (*morus nigra* L.) pelo método de camada de espuma (foam mat drying)**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

SILVA, P. C. G. **Secagem da folha de guajiru (*Chrysobalanus icaco* L.) pelo método de camada de espuma (foam-mat drying)**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

SILVA, Q. A. **Secagem em camada de espuma (foam-mat drying) da folha da couve manteiga (*brassica oleracea* L.)**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

SILVA, J. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 560 p. 2a ed. Viçosa - MG: Aprenda fácil, 2008.

SILVA, A.S. ALMEIDA, F.A.C. SILVA, F.L.H. DANTAS, H.J. LIMA, E.E. Desidratação e efeito de pré-tratamentos no extrato seco do pimentão verde. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 27-34, 2008.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma¹. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1899-1905, 2008.

SILVA, F.; SANTOS, R.H.S.; ANDRADE, N.J.; BARBOSA, L.C.A.; CASALI, V.W.D.; LIMA, R.R.; PASSARINHO, R.V.M. Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.323-328, 2005.

SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais**, Viçosa: Arte Livros, 2000.

SILVA, A.S. ALMEIDA, F.A.C. SILVA, F.L.H. DANTAS, H.J. LIMA, E.E. Desidratação e efeito de pré-tratamentos no extrato seco do pimentão verde. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 27-34, 2008.

SOARES, R. D., CHAVES, M. A., SILVA, A. A. L., SILVA, M. V., SOUZA, B. S. Influence of drying temperature and air velocity related to essential oil and linalol contents of the basil (*Ocimum basilicum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C.; SILVA JUNIOR, A. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo "foam-mat". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 1, p. 164-170, 2001.

SOUZA, J. B. P. **Secagem em camada de espuma das folhas de alecrim (*rosmarinus officinalis* L.)**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobrom grandiflorum*)**. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal da Bahia, Itapetinga, 2011.

SOUZA, E.M.; SILVA, T.N.; PAULA, J.W.A.; CARVALHO, C.R.D.; CAMÊLO, L.C.A.; SANTANA, T.H.B.; EHLERT, P.A.D.; BLANK, A.F. **Comportamento de genótipos de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) em dois locais do Nordeste brasileiro, no ano agrícola 2005/2006**. UFS – Depto. de Engenharia Agrônômica, Av. Marechal Rondon, s/n, 49100-000. São Cristóvão-SE.

STRUMILLO, C., KUDRA, T. *Drying: principles, applications and design*. New York: **Gordon and Breach Science Publishers**, 1986, 280 p.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. **Journal of Food Engineering**, v.86, p. 573–583, 2008.

VEIGA JÚNIOR, V. F. Estudo do consumo de plantas medicinais na Região Centro-Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n. 2, 2008. DOI: 10.1590/S0102-695X2008000200027

Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B. D. (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 46(10), 4113–4117.

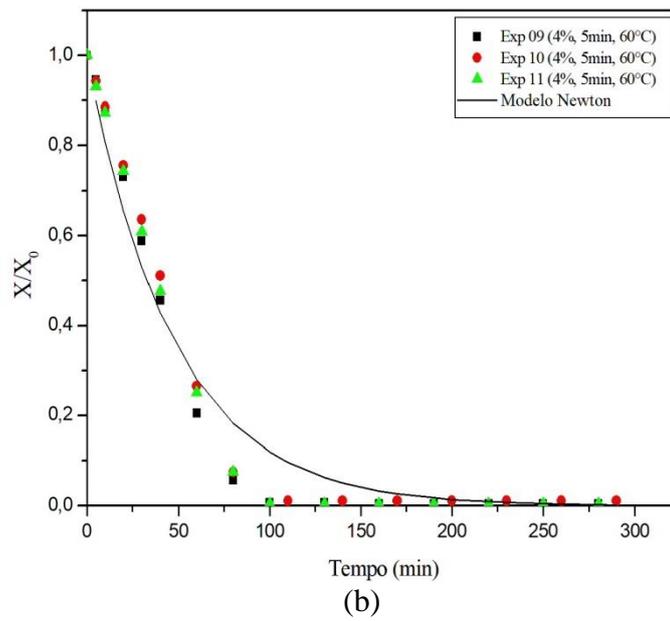
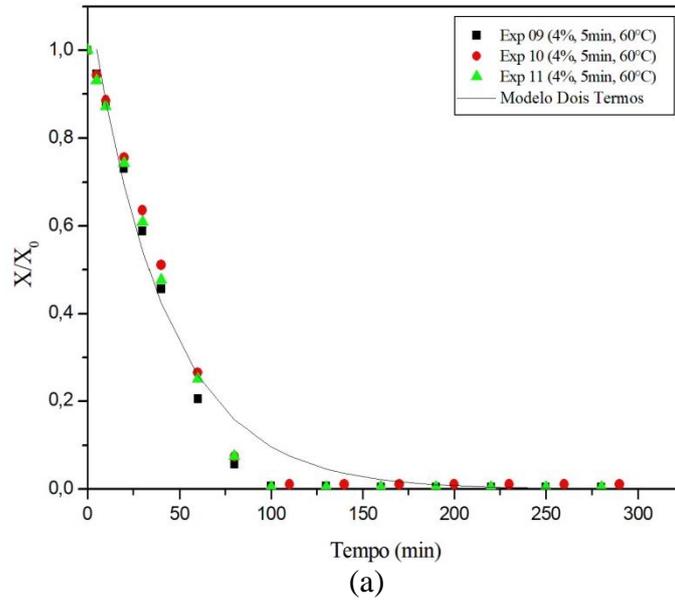
VIEIRA, R.F.; SIMON, J.E. Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in markets and used in traditional medicine in Brazil. **Economica Botany**, v.54, p.207-216, 2000.

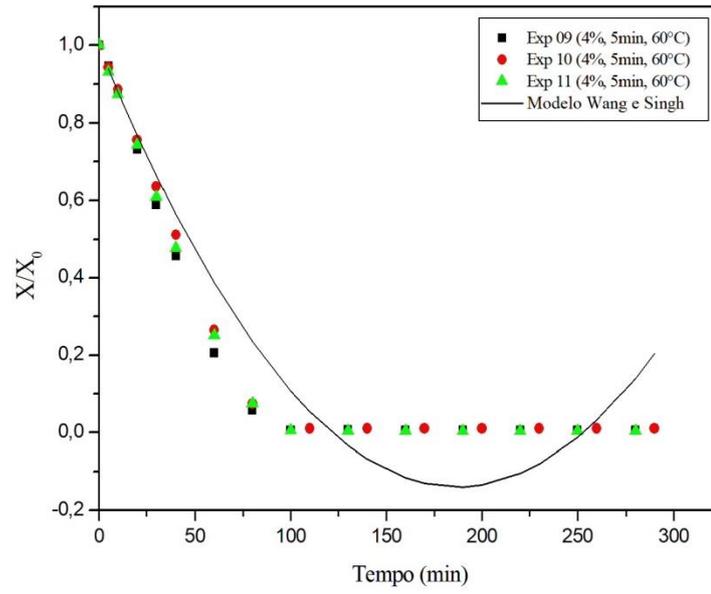
WAUGHON, T. G.; PENA, R. Modelagem da secagem em camada delgada da fibra residual do abacaxi. **B. CEPPA**, v. 26, p. 297-306, 2008.

ZUCCHI, M.R., OLIVEIRA JÚNIOR, V. F., GUSSONI, M. A., SILVA, M. B., SILVA, F. C., MARQUES, N. E. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais na cidade de Ipameri-GO. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** v.15, n.2, p.273-279, 2013. DOI: 10.1590/S1516-05722013000200016.

APÊNDICES

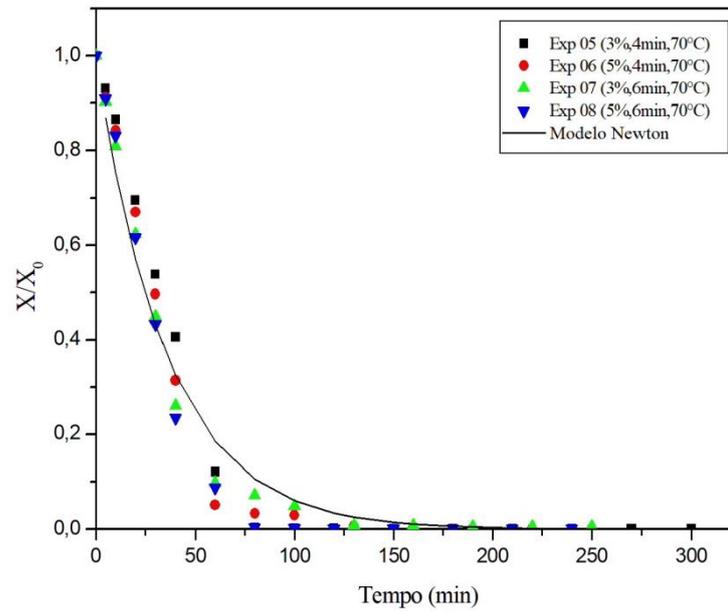
APÊNDICE A - Ajuste dos modelos de Dois termos (a), Newton (b) e Wang e Singh (c) para a temperatura de 60°C.



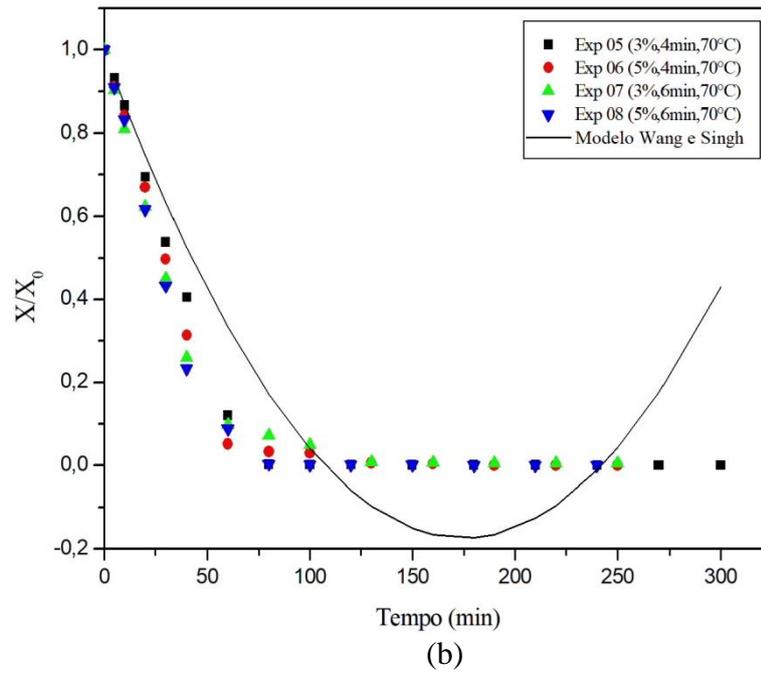


(c)

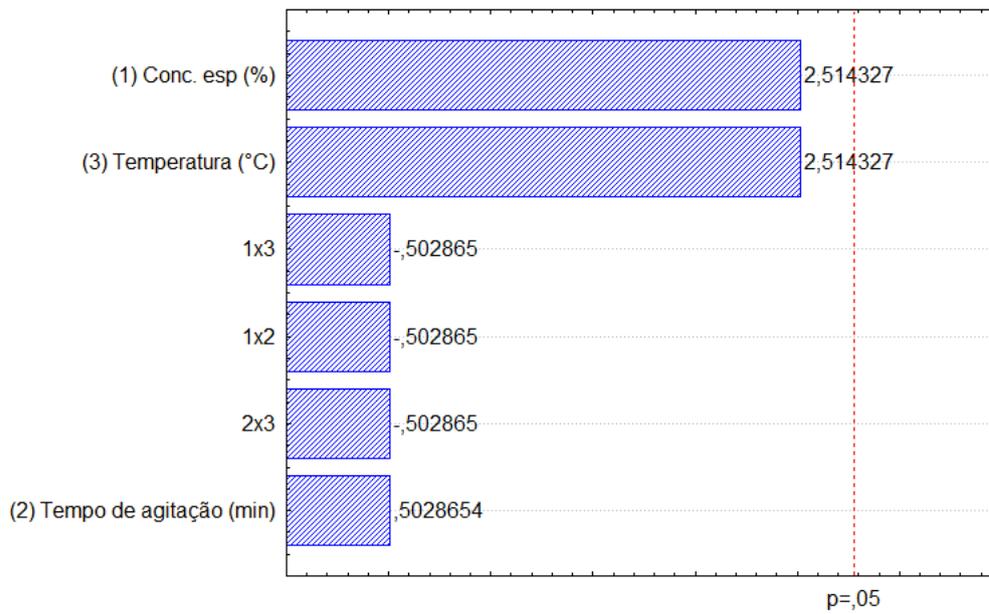
APÊNDICE B - Ajuste dos modelos de Newton (a) e Wang e Singh (b) para a temperatura de 70°C.



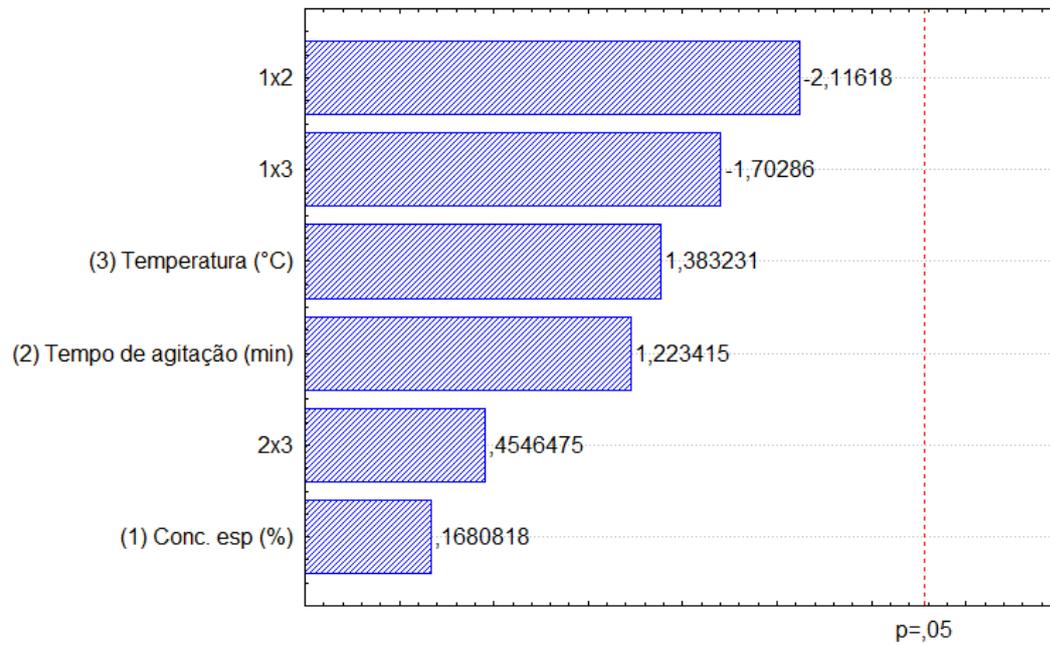
(a)



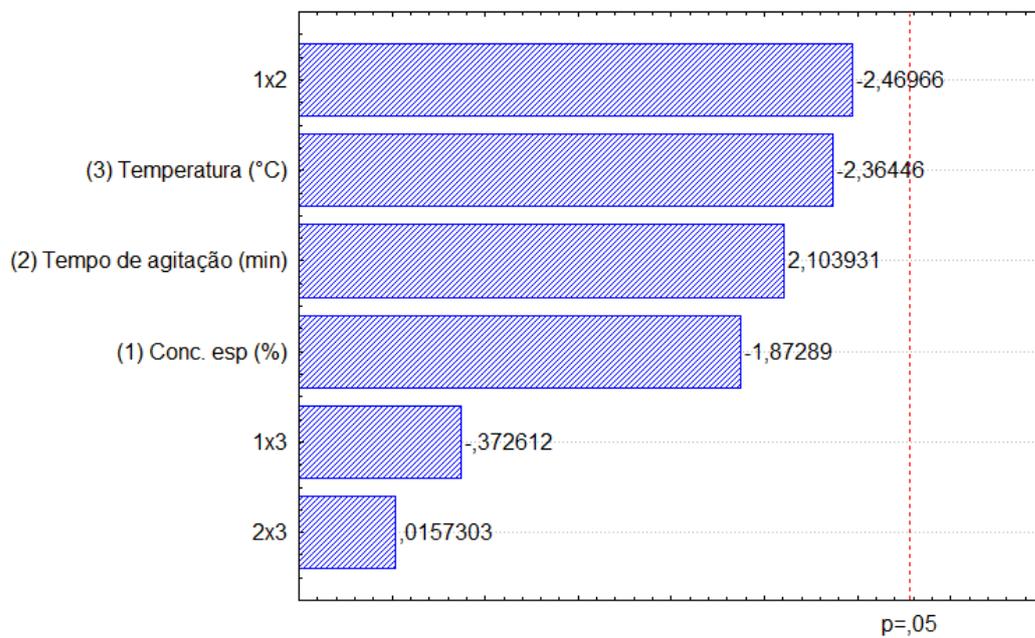
APÊNDICE C - Diagrama de Pareto para a análise dos Sólidos Solúveis Totais (SST)



APÊNDICE D - Diagrama de Pareto para a análise de rendimento teórico do processo de secagem



APÊNDICE E - Diagrama de Pareto para a análise do Índice de Solubilidade em Água (ISA)



APÊNDICE F - Diagrama de Pareto para a análise da umidade do pó da folha de manjeriço