



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

AMANDA CORREIA DA SILVA BARROS

**Obtenção e Caracterização Físico-Química de Extratos Secos
de *Parkinsonia aculeata* por Diferentes Métodos de Secagem**

RECIFE

2024

AMANDA CORREIA DA SILVA BARROS

**Obtenção e Caracterização Físico-Química de Extratos Secos
de *Parkinsonia aculeata* por Diferentes Métodos de Secagem**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Área de concentração: Produção e Controle de Medicamentos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Rosali Maria Ferreira da Silva.

Coorientadora: Prof^a. Dra. Maria Bernadete de Souza Maia.

RECIFE

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Barros, Amanda Correia da Silva.

Obtenção e caracterização físico-química de extratos secos de Parkinsonia aculeata por diferentes métodos de secagem / Amanda Correia da Silva Barros. - Recife, 2024.

113f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, 2024.

Orientação: Rosali Maria Ferreira da Silva.

Coorientação: Maria Bernadete de Souza Maia.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Plantas medicinais; 2. Métodos de secagem; 3. Resistência insulínica. I. Silva, Rosali Maria Ferreira da. II. Maia, Maria Bernadete de Souza. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

Dedico este trabalho aos meus pais, Nadijane Maria e Pedro Luiz e ao meu irmão do coração Rodrigo Correia (*in memoriam*).

"Os que querem parecer sábios entre os homens, aos olhos de Deus se tornam loucos." (Santo Agostinho).

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de render graças ao Bom Deus por tanto que me amparou em mais uma fase da minha vida acadêmica, sem dúvidas, sem seu amor, cuidado e proteção eu não teria conseguido ir muito longe. A minha Mãe Celeste, Maria Santíssima, que intercedeu por mim e nunca me faltou com seu cuidado materno. “Em tudo daí graças.” 1Ts 5,18.

Seguidamente, gostaria de mostrar minha eterna gratidão aos meus pais, Pedro Luiz e Nadijane Maria, que em todos os momentos estiveram comigo segurando minha mão. Obrigada por todo apoio e ajuda necessária nesse processo, obrigada por nunca ter me deixado faltar nada, sem vocês, eu nada seria. Essa conquista é nossa.

A minha irmã Andryelle, por ser uma das minhas maiores incentivadoras, creio que ela seja a pessoa, que mais acredita e torce por mim depois dos nossos pais. Ao meu irmão Anderson Correia que enche a boca para falar que não precisa de nervosismo, que sou boa no que me proponho a fazer e ao meu irmão Rodrigo Correia (*in memorian*) que sempre será uma fonte de motivação para mim.

As minhas crianças, David, Davi, Júlia, Mateus, Arthur, Pedro, Annalyce e Nicollas que são fontes inesgotáveis de amor e alegria.

Ao meu marido, Walter Ribeiro por todo apoio, paciência e amor durante essa jornada. Sua presença ao meu lado foi fundamental para que eu pudesse superar os desafios e concluir mais essa etapa. Obrigada por acreditar em mim!

Aos meus tios e tias (Tenente, Moura, Adeilton, Adélia, Mauricéia e Nalva) que de uma forma e de outra contribuíram para que hoje eu esteja finalizando mais essa etapa da minha vida. Tudo ficou mais leve com o acolhimento, motivação e amor de vocês.

A minha sogra, Aulénice pelo incentivo e motivação.

A minha vó, Maria Helena que até hoje não entende porque preferi continuar na universidade. Mas segue acreditando que a neta vai terminar os estudos. E ao meu avô que sempre diz que não preciso me aperrear que vou passar em tudo. Amo vocês, meus velhinhos.

A Prof^a. Dr^a. Rosali por todo amor e paciência comigo. Ela não só exerce com excelência o papel de orientadora como também acolhe os alunos como filhos. Ela não tem noção do quanto contribui para na minha vida profissional desde o 6º período

da graduação quando eu quis desistir de tudo. Ela sempre acreditou em mim mais do que eu mesma. O seu cuidado e responsabilidade para comigo, sempre estarão guardados em meu coração. Muito obrigada por tudo!

A minha coorientadora, Maria Bernadete e Eryvelton Franco que foram essenciais para o andamento do projeto.

Ao Prof. Pedro Rolim pela oportunidade de poder fazer parte do grupo do Laboratório de Tecnologia dos Medicamentos (LTM).

Aos meus amigos de laboratório: Ana Vithória, Maria Cristiane, Débora Firmino, Lucas Santos, Áquila Mendonça e Kaio Freitas que vivenciaram comigo esse processo enriquecedor e - por vezes, árduo - mas que enfrentamos juntos o que tornou o fardo mais leve, sem o companheirismo de vocês essa caminhada não seria a mesma, muito obrigada.

Gostaria também de agradecer aos meus amigos que estiveram de fora desse processo, mas que de forma direta ou indireta me ajudaram nessa jornada, dando palavras de apoio e incentivo que muito me ajudaram, Juliana, Ágatha, Karol, Geliane, Gabi, Alinne, Dhara, Rackeline, Dodinha, Ionara, Daíse, Débora, Rayssa, Kamily e Danielle. Muito obrigada a todos vocês.

A todos os pesquisadores do LTM, que de alguma forma contribuíram para a conclusão do meu mestrado, seja de forma prática, conselhos e trocas de ideias. Agradeço em especial a Joanellys, Emerson, Aline, Laysa, Demis, Guilherme, Natália e Lucas.

A Lourenço por toda paciência, incentivo e disposição.

Aos alunos de iniciação científica do projeto *Parkinsonia aculeata*, Luara e Eric, obrigada por todo trabalho braçal e disposição de vocês, contem comigo sempre!

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro concedido. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, em especial ao secretário Rilvan, pela responsabilidade, compreensão e competência de sempre. Minha gratidão!

RESUMO

A demanda por medicamentos fitoterápicos está crescendo, refletindo o interesse global por terapias naturais. Esse aumento impulsiona a validação de benefícios à saúde e a criação de normas rigorosas de qualidade. Entre as plantas medicinais, *Parkinsonia aculeata*, ou "turco", destaca-se por suas propriedades no tratamento de doenças inflamatórias e metabólicas, como a resistência insulínica. Técnicas de secagem são essenciais para preservar compostos bioativos e aumentar a estabilidade dos extratos. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou obter e caracterizar físico-quimicamente extratos secos de *Parkinsonia aculeata*, por diferentes métodos de secagem. Assim, obtiveram-se os extratos secos e realizaram-se a caracterização físico-química da droga vegetal, do extrato hidroalcolólico e extratos secos obtidos por diferentes métodos (liofilização, *spray dryer* e estufa de circulação), conforme Farmacopeia Brasileira (FB) 6ª edição. As metodologias empregadas incluíram a determinação de matéria estranha, análise granulométrica, perda por dessecação, cinzas totais e sulfatadas, análise fitoquímica, pH, densidade relativa, resíduo seco, microscopia eletrônica de varredura, análise de tamanho de partícula, porosidade e análise termogravimétrica. Os resultados obtidos para a droga e solução extrativa foram todos satisfatórios. Através da cromatografia de alta eficiência, foi possível identificar luteolina em todos os extratos analisados, um composto amplamente estudado por suas propriedades farmacológicas, especialmente no tratamento de diabetes e resistência insulínica. Os resultados obtidos foram essenciais para validar a qualidade e segurança da droga vegetal, mostrando que tanto o material vegetal quanto os extratos fluido e secos de *Parkinsonia aculeata* atendem aos parâmetros de controle de qualidade físico-químicos estabelecidos pela Farmacopeia, garantindo sua adequação para o desenvolvimento de um produto fitoterápico.

Palavras-chaves: Métodos de secagem, Plantas medicinais, Resistência insulínica.

ABSTRACT

The demand for herbal medicines is growing, reflecting the global interest in natural therapies. This increase is driving the validation of health benefits and the creation of strict quality standards. Among medicinal plants, *Parkinsonia aculeata*, or “Turkish”, stands out for its properties in the treatment of inflammatory and metabolic diseases, such as insulin resistance. Drying techniques are essential to preserve bioactive compounds and increase the stability of extracts. In this context, the aim of this study was to obtain and physico-chemically characterize dried extracts of *Parkinsonia aculeata* using different drying methods. Thus, the dried extracts were obtained and the physicochemical characterization of the plant drug, hydroalcoholic extract and dried extracts obtained by different methods (lyophilization, spray dryer and circulation oven) was carried out, according to the Brazilian Pharmacopoeia (FB) 6th edition. The methodologies employed included the determination of foreign matter, granulometric analysis, loss on drying, total and sulphated ash, phytochemical analysis, pH, relative density, dry residue, scanning electron microscopy, particle size analysis, porosity and thermogravimetric analysis. The results obtained for the drug and extractive solution were all satisfactory. Using high-efficiency chromatography, it was possible to identify luteolin in all the extracts analyzed, a compound widely studied for its pharmacological properties, especially in the treatment of diabetes and insulin resistance. The results obtained were essential to validate the quality and safety of the plant drug, showing that both the plant material and the fluid and dry extracts of *Parkinsonia aculeata* meet the physicochemical quality control parameters established by the Pharmacopoeia, guaranteeing their suitability for the development of a herbal product.

Keywords: Drying methods, Medicinal plants, Insulin resistance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Fluxograma da classificação taxonômica de <i>Parkinsonia aculeata</i>	25
Figura 2.	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	26
Figura 3.	Distribuição geográfica de <i>P. aculeata</i> no Brasil	29
Figura 4.	Estruturas dos principais flavonoides.	31
Figura 5.	Princípio funcional do spray dryer convencional	34
Figura 6.	Droga vegetal de <i>P. aculeata</i> .	53
Figura 7.	Histograma de distribuição granulométrica.	55
Figura 8.	Gráfico de interseção granulométrica de <i>P. aculeata</i> .	56
Figura 9.	Determinação do índice de intumescência de <i>P. aculeata</i>	58
Figura 10.	Curva de TG da droga vegetal.	59
Figura 11.	Reação de Shinoda (A), na figura B está o controle (tubo à esquerda) e o teste (tubo à direita)	61
Figura 12.	(1) Controle; (2) teste de gelatina; (3) reação com o cloreto férrico; na figura B, a reação com o acetato de chumbo (tubo 4)	62
Figura 13.	Reação de <i>Borntrager</i> para <i>P. aculeata</i> .	62
Figura 14.	Teste para antocianinas, antocianidinas e flavonoides.	
Figura 15.	Teste de Cumarinas (A – Controle B – Reação em luz UV)	64
Figura 16.	Formação do ácido cis-hidroxicianinâmico.	64
Figura 17.	Teste de presença de saponinas em <i>P. aculeata</i> .	66
Figura 18.	Extrato hidroalcoólico das partes aéreas de <i>P. aculeata</i> .	67
Figura 19.	Determinação de pH do extrato hidroalcoólico de <i>P. aculeata</i>	68
Figura 20.	Extrato seco de partes aéreas de <i>P. aculeata</i> obtido por atomização.	69

- Figura 21.** Extrato seco de partes áreas de *P. aculeata* obtido por liofilização. 72
- Figura 22.** Extrato seco de partes áreas de *P. aculeata* obtido em estufa de circulação. 72
- Figura 23.** Fotomicrografias do extrato seco em estufa de circulação de *P. aculeata*. Barras de escala nas figuras equivalem a 1mm, com aumento de 100x (a), 500 µm, com aumento de 200x (b) e 200 µm, com aumento de 400x (c) 75
- Figura 24.** Fotomicrografias do extrato seco por liofilização de *P. aculeata*. Barras de escala nas figuras equivalem a 1mm, com aumento de 100x (a), 500 µm, com aumento de 200x (b) e 200 µm, com aumento de 400x (c). 76
- Figura 25.** Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Drying* nas condições de secagem 160 °C e 9mL/min. (a) Aumento de 100x; (b) Aumento de 200x; (c) Aumento de 400x; (d) Aumento de 800x; (e)1.0k; (f)1.5k 77
- Figura 26.** Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Drying* nas condições de secagem 165 °C e 9mL/min. (a) Aumento de 100x; (b) Aumento de 200x; (c) Aumento de 400x; (d) Aumento de 800x; (e)1.0k; (f)1.5k 77
- Figura 27.** Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Drying* nas condições de secagem 170 °C e 9mL/min. a) Aumento de 100x; b) Aumento de 200x; c) Aumento de 400x; d) Aumento de 800x; e)1.0k; f)1.5k. 78
- Figura 28.** Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Drying* nas condições de secagem 150 °C e 6mL/min. a) Aumento de 100x; b) Aumento de 200x; c) Aumento de 400x; d) Aumento de 800x; e)1.0k; f)1.5k. 78
- Figura 29.** Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Drying* nas condições de secagem 155 °C e 9mL/min. a) Aumento de 100x; b) Aumento de 200x; c) Aumento de 400x; d) Aumento de 800x; e)1.0k; f)1.5k. 79

Figura 30.	Reação de Shinoda e Pew para identificação de flavonoides.	81
Figura 31.	Perfil cromatográfico de extratos secos de <i>P. aculeata</i>	83
Figura 32.	Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de <i>P. aculeata</i> .	119
Figura 33.	Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de <i>P. aculeata</i> .	120
Figura 34.	Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de <i>P. aculeata</i> .	121
Figura 35.	Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de <i>P. aculeata</i>	122
Figura 36.	Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de <i>P. aculeata</i> .	123
Figura 37.	Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de <i>P. aculeata</i>	124
Figura 38.	Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de <i>P. aculeata</i> (amostra 7).	91
Figura 39.	Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de <i>P. aculeata</i> (amostra 9).	92
Figura 40.	Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de <i>P. aculeata</i> (amostra 19).	93
Figura 41.	Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de <i>P. aculeata</i> (estufa).	94
Figura 42.	Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de <i>P. aculeata</i> (estufa).	95

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1.	Plantas Medicinais de Interesse ao SUS para diabetes mellitus.	21
Quadro 2.	Aplicações da secagem por atomização.	30
Quadro 3.	Relação entre as antocianinas, antocianidinas, flavonóides e suas cores obtidas no teste seguindo a literatura.	41
Quadro 4.	Metabólitos, sistemas de eluição, padrão, reveladores e referências bibliográficas utilizadas para a abordagem fitoquímica de <i>P. aculeata</i> .	47
Quadro 5.	Análise fitoquímica da droga vegetal e extratos secos de <i>Parkinsonia aculeata</i> por CCD.	79
Quadro 6.	Ação da luteolina	83
Tabela 1.	Condições analíticas para os extratos de <i>P. aculeata</i>	49
Tabela 2.	Eventos térmicos ocorridos na droga vegetal	57
Tabela 3.	Índice de espuma para cada tubo de ensaio.	62
Tabela 4.	Detalhes do planejamento experimental e rendimentos obtidos no processo de secagem por atomização	67
Tabela 5.	Determinação de umidade dos extratos secos de <i>P. aculeata</i> .	71
Tabela 6.	Eventos térmicos ocorridos nos extratos secos de <i>P. aculeata</i> .	108
Tabela 7.	Porosidade e área superficial dos extratos secos	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo geral	18
1.1.2	Objetivos específicos	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	RESISTÊNCIA INSULÍNICA.....	19
2.2	USO DE PLANTAS MEDICINAIS PARA TRATAMENTO DE DIABETES.	20
2.3	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.....	22
2.4	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA de <i>P. aculeata</i>	23
2.5	COMPONENTES FITOQUÍMICOS DAS PLANTAS.....	27
2.6	CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS VEGETAIS	29
2.7	OPERAÇÕES DE SECAGEM DE EXTRATOS VEGETAIS SECAGEM..	30
2.7.1	Secagem por Aspersão (<i>Spray-dryer</i>)	31
2.7.2	Obtenção de extratos secos vegetais por liofilização	34
2.7.3	Obtenção de extratos secos vegetais em estufa de ar circulante	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1	OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DO VEGETAL.....	36
3.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA VEGETAL.....	37
3.2.1	Determinação de matéria estranha	37
3.2.2	Determinação de Cinzas totais	37
3.2.3	Determinação de Cinzas sulfatadas	38
3.2.4	Determinação granulométrica	38
3.2.5	Determinação de Umidade	38
3.2.6	Índice de intumescência	39
3.2.7	Análise térmica	39
3.2.8	Prospecção fitoquímica	40
3.2.8.1	Pesquisa de flavonoides.....	40

3.2.8.1.1	<i>Reação de Shinoda</i>	40
3.2.8.1.2	<i>Reação de Pew</i>	40
3.2.8.2	Pesquisa de taninos.....	41
3.2.8.3	Pesquisa de antraquinonas livres (Reação de Borntrager direta).....	41
3.2.8.4	Teste para antocianinas, antocianidinas e flavonoides.....	41
3.2.8.5	Cumarinas.....	42
3.2.8.6	Saponinas.....	42
3.3	OBTENÇÃO DA SOLUÇÃO EXTRATIVA	43
3.4	CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO EXTRATIVA	43
3.4.1	Determinação do Resíduo Seco	43
3.4.2	Determinação de pH	43
3.4.3	Determinação de Densidade Relativa	44
3.5	OBTENÇÃO DO EXTRATO SECO	44
3.5.1	Obtenção do extrato seco por spray dryer	44
3.5.2	Obtenção do extrato seco por liofilização	44
3.5.3	Secagem por estufa de ar circulante	45
3.6	CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS SECOS	45
3.6.1	Determinação de umidade residual	45
3.6.2	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	46
3.6.3	Prospecção fitoquímica	46
3.6.3.1	Pesquisa de flavonoides.....	46
3.6.3.2	Cromatografia em Camada Delgada (CCD).....	47
3.6.3.3	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).....	48
3.6.4	Análise térmica	49
3.6.5	Adsorção e Dessorção de Nitrogênio pelo método de Brunauer-Emmett-Teller (BET)	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1	OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DO MATERIAL VEGETAL	50
4.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA VEGETAL	51
4.2.1	Determinação de Matéria Estranha	51
4.2.2	Determinação cinzas totais	52
4.2.3	Determinação de cinzas sulfatadas	52

4.2.4	Determinação granulométrica	52
4.2.5	Determinação de umidade	55
4.2.6	Índice de intumescência	55
4.2.7	Análise térmica	56
4.2.8	Prospecção fitoquímica	58
4.2.8.1	Pesquisa de flavonoides	58
4.2.8.1.1	<i>Reação de Shinoda</i>	58
4.2.8.1.1	<i>Reação de Pew</i>	58
4.2.8.2	<i>Pesquisa de taninos</i>	59
4.2.8.3	Pesquisa de antraquinonas livres (Reação de Borntrager direta).....	60
4.2.8.4	Teste para antocianinas, antocianidinas e flavonoides.....	61
4.2.8.5	Cumarinas.....	61
4.2.8.6	Saponinas.....	62
4.3	OBTENÇÃO DO EXTRATO HIDROALCÓOLICO	64
4.4	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EXTRATO HIDROALCÓOLICO	65
4.4.1	Determinação de resíduo seco	65
4.4.2	Determinação do pH da solução extrativa	66
4.4.3	Determinação de densidade relativa	66
4.5	OBTENÇÃO DE EXTRATO SECO VEGETAL	67
4.5.1	Obtenção do extrato seco por <i>spray dryer</i>	67
4.5.2	Obtenção do extrato seco por liofilização	70
4.5.3	Obtenção do extrato seco em estufa de ar circulante	70
4.6	CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS SECOS	71
4.6.1	Determinação de umidade residual (Perda por dessecação)	71
4.6.2	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	72
4.6.3	Prospecção fitoquímica	78
4.6.3.1	Pesquisa de flavonoides.....	78
4.6.3.2	Cromatografia em Camada Delgada.....	80
4.6.3.3	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).....	80
4.6.4	Análise Térmica	85
4.6.5	Adsorção e Dessorção de Nitrogênio pelo método de Brunauer- Emmett-Teller (BET)	87

5	CONCLUSÃO.....	100
6	PERSPECTIVAS.....	101
	REFERÊNCIAS.....	102
	APÊNDICE.....	123
	ANEXOS.....	125

1. INTRODUÇÃO

O uso de plantas medicinais é uma prática ancestral, que se consolidou como uma alternativa terapêutica, em várias culturas ao redor do mundo. Desde os tempos mais remotos, as comunidades utilizam extratos vegetais para o tratamento de diversas enfermidades, destacando-se pela acessibilidade e pela presença de compostos bioativos, que promovem efeitos benéficos à saúde humana. Essa tradição, ao longo dos séculos, passou a ser objeto de estudo científico, o que permitiu a validação de suas propriedades medicinais e a incorporação de plantas na medicina contemporânea (Gadelha, 2013; Leite, 2024).

Na atualidade, o interesse por tratamentos naturais cresceu significativamente, impulsionado pela busca por alternativas aos medicamentos sintéticos, que muitas vezes apresentam efeitos colaterais adversos. As plantas medicinais, ricas em princípios ativos, são cada vez mais reconhecidas por seu potencial terapêutico, sendo integradas em protocolos de tratamento de várias doenças, incluindo distúrbios metabólicos como a resistência insulínica (Alexandre, 2008, Brasil, 2006, Santos *et al.*, 2011; Pedroso, 2021).

O Brasil, devido à sua vasta biodiversidade, é um dos países com grande potencial para o uso e desenvolvimento de fitoterápicos. Com a presença de diversas espécies vegetais de interesse medicinal, o país desponta como uma referência na pesquisa e aplicação dessas plantas, abrangendo entre 15% e 20% do total de espécies vegetais conhecidas no planeta. Os biomas brasileiros, como a Amazônia, a Mata Atlântica e o Cerrado, destacam-se por sua imensa riqueza de espécies vegetais, colocando o país entre os mais biodiversos do mundo. Além do conhecimento tradicional, as pesquisas científicas têm contribuído para a identificação e uso de plantas nativas em terapias eficazes (Bisognin, 2024; Coradin, 2011).

Dentre as espécies com potencial medicinal, *Parkinsonia aculeata*, popularmente conhecida como "turco" se destaca pelo uso no tratamento de doenças inflamatórias e metabólicas. Recentemente, estudos têm indicado seu possível papel no manejo da resistência insulínica, uma condição que antecede o desenvolvimento do diabetes tipo 2 e está associada a complicações graves de saúde (Araújo *et al.*, 2016; Barros, 2023; Dib, 2006; Franco, 2016; Leite *et al.*, 2007; Leite *et al.*, 2011).

Para o aproveitamento medicinal das plantas, as técnicas de secagem desempenham um papel fundamental, preservando os compostos bioativos e aumentando a estabilidade dos extratos adquiridos. Diversos métodos de secagem, como a secagem em estufa, em leito fluidizado, leito de jorro, pulverização e liofilização, são empregados com o objetivo de maximizar a eficácia dos extratos vegetais, sendo essenciais na produção de fitoterápicos de alta qualidade (Machado e Borges, 2020; Pachú, 2007; Oliveira e Petrovick 2010;).

A escolha da técnica de secagem influencia diretamente a concentração e a estabilidade dos compostos ativos presentes nos extratos de plantas medicinais (Silva, 2010). Por isso, a determinação do método mais adequado é fundamental para garantir a eficácia do fitoterápico, especialmente no tratamento de condições complexas como a resistência insulínica.

Dessa forma, o emprego de diferentes técnicas de secagem de extratos vegetais, como o de *Parkinsonia aculeata*, representa um passo importante na potencialização de tratamentos para a resistência insulínica, já que é uma etapa essencial para o desenvolvimento de possíveis formulações. Aliado a isso, o respaldo legal e o incentivo à pesquisa no Brasil são fundamentais para o avanço da fitoterapia, consolidando o uso de plantas medicinais como uma prática segura e eficaz na medicina moderna.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Obter e caracterizar físico-quimicamente os extratos secos de *Parkinsonia aculeata*, por diferentes métodos de secagem.

1.1.2 Objetivo específicos

- Obter e processar o material vegetal à base de *P. aculeata*;
- Caracterizar físico-quimicamente a droga vegetal à base de *P. aculeata*;
- Obter e caracterizar o extrato hidroalcolico de *P. aculeata*;

- Avaliar a aplicabilidade da estufa de ar circulante, liofilização e da secagem por aspersão (*spray dryer*), como técnicas de secagem para obtenção de extrato seco de *P. aculeata*;
- Caracterizar físico-quimicamente os extratos secos, obtidos por diferentes técnicas de secagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESISTÊNCIA INSULÍNICA

A resistência insulínica é uma condição em que a resposta celular à insulina é reduzida, afetando diversas vias metabólicas, principalmente o metabolismo glicídico, lipídico e proteico. As partes do corpo mais impactadas por essa condição são o fígado, músculos e o tecido adiposo, embora outros sistemas também possam ser afetados (Lozano, 2009; Sociedade Brasileira de Diabetes, 2020).

Originalmente, o termo "resistência à insulina" foi utilizado para descrever a variabilidade na dose de insulina, necessária para diminuir os níveis elevados de glicose, em pacientes com diabetes mellitus tipo 2 (DM2). Posteriormente, passou a ser definido como o grau de alteração nos níveis de glicose no sangue, após a administração de uma quantidade específica de insulina e glicose (James, 2021).

A insulina, um hormônio anabólico produzido pelas células β do pâncreas, é essencial para diversas funções metabólicas. Sua liberação é estimulada pelo aumento da glicose sanguínea após as refeições, promovendo a captação de glicose, a síntese de proteínas, ácidos graxos e glicogênio, além de reduzir a produção hepática de glicose e inibir a lipólise. Esses efeitos ocorrem principalmente no músculo esquelético, fígado e tecido adiposo (Freitas, Ceschini e Ramallo, 2014).

A disfunção da insulina pode ser influenciada por fatores extrínsecos, como alterações nos hábitos alimentares e sedentarismo, além de fatores intrínsecos, como a obesidade. A resistência à insulina é particularmente prevalente em indivíduos obesos, sendo considerada um fator crucial no desenvolvimento de outras complicações metabólicas associadas ao diabetes mellitus (Paulino e Maldonado, 2014; Romualdo *et al.*, 2014).

O diabetes mellitus, especialmente o tipo 2, está intimamente ligado à resistência insulínica. Em pacientes com DM2, a resistência à insulina impede que as células utilizem a glicose de forma eficaz, resultando em hiperglicemia crônica. Com o tempo, essa condição pode levar ao esgotamento das células β pancreáticas, agravando ainda mais o quadro clínico e tornando o controle glicêmico um desafio constante (*American Diabetes Association*, 2020; Mendonça, 2022).

Além disso, a resistência insulínica está associada a várias comorbidades, como hipertensão, dislipidemia e doença cardiovascular, que são frequentemente observadas em pacientes diabéticos. Essas condições, quando combinadas, constituem a síndrome metabólica, um importante fator de risco para complicações cardiovasculares graves, como infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral (Précoma, 2019).

O manejo eficaz do diabetes mellitus tipo 2 requer não apenas o controle glicêmico, mas também uma abordagem multidisciplinar, que aborde a resistência insulínica e suas complicações associadas. Estratégias de tratamento incluem mudanças no estilo de vida, como dieta e exercício físico, além de intervenções farmacológicas que melhoram a sensibilidade à insulina e a função das células β , visando retardar a progressão da doença e reduzir o risco de complicações (Gomes, 2023).

2.2 USO DE PLANTAS MEDICINAIS PARA TRATAMENTO DE DIABETES

O homem, desde a antiguidade, utiliza recursos naturais disponíveis como opção de cura e tratamento de diversas enfermidades. Em razão da facilidade de acesso, o uso das plantas medicinais tem sido revelado em diferentes povos ao redor do globo, sendo adotada até os dias atuais com o objetivo de gerar melhoria na qualidade de vida das pessoas, assim como a manutenção da saúde (Macedo, 2016; Jardim *et al.*, 2023).

Diversas espécies de plantas são utilizadas na terapêutica de enfermidades humanas, sendo representativa a variedade empregada etnofarmacologicamente, com fins antidiabéticos. As plantas que contêm princípios ativos como glicosídeos e flavonoides têm atividade antioxidante e são tidas como indutoras de efeitos antidiabéticos (Alvarenga *et al.*, 2017; Emiliano e Balliano, 2019).

No Brasil, o uso terapêutico de plantas medicinais pela população sempre ocorreu de forma expressiva, principalmente devido à extensa e diversificada flora. Ainda hoje, nas regiões mais pobres do país e até mesmo nas grandes cidades, plantas medicinais são comercializadas em feiras livres e mercados populares, sendo também encontradas em residências (Alvarenga *et al.*, 2017).

A maioria dessas plantas cultivadas no Brasil são espécies exóticas e domésticas. Muitas delas foram trazidas para o Brasil ainda no período colonial, sendo diversas espécies nativas. A comunidade indígena iniciou o conhecimento dessas plantas nativas para uso medicinal e posteriormente, foi introduzida pela população do país (CETAP, 2015; Xavier e Nunes, 2018; Matos, 2021).

Além das políticas públicas criadas pelo Ministério da Saúde, há ainda a RDC nº26/2014, que divide os produtos derivados de plantas em duas categorias: sendo a primeira sobre os medicamentos fitoterápicos, que devem apresentar segurança e eficácia através de ensaios clínicos e, por segundo, os produtos tradicionais fitoterápicos que poderão ser registrados através da comprovação de tradicionalidade (Brasil, 2014).

Vale ressaltar que o uso das plantas medicinais tem uma maior adesão entre os idosos e que é mais comum este emprego das plantas de forma associada à terapia medicamentosa (Flor e Barbosa, 2015; Brito, 2020). Dentre as plantas utilizadas pelo público com diabetes *mellitus*, algumas já constam na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (Rennisus) (Brasil, 2009). Essas plantas estão listadas no Quadro 1.

Quadro 1. Plantas Medicinais de Interesse ao SUS para Diabetes *mellitus*.

Família	Nome Científico	Nome Popular
Fabaceae	<i>Bauhinia Forficata</i>	Pata-de-vaca
Myrtaceae	<i>Syzygium cumini (L) Skeels</i>	Jambolão/azeitona
Asterceae	<i>Baccharis Trimera (Less) DC.</i>	Carqueja
Asterceae	<i>Cynara Scolymus L.</i>	Alcachofra
Vitaceae	<i>Cissus Sicifoides L.</i>	Insulina
Cucurbitaceae	<i>Marmodica Charantia L.</i>	Melão de são caetano
Alliaceae	<i>Allium Sativum L.</i>	Alho
Liliceae	<i>Allium Cepa</i>	Cebola
Asphodelaceae	<i>Aloe Vera L.</i>	Babosa
Musaceae	<i>Musa Paradisíaca</i>	Banana

Continuação quadro 1. Plantas Medicinais de Interesse ao SUS para Diabetes *mellitus*

Esquisetaceae	<i>Equisitum Spp.</i>	Cavalinha
Fabaceae	<i>Phaseolus Vulgaris L.</i>	Feijão
Annonaceae	<i>Annona Squamosa L.</i>	Pinha
Lamiceae	<i>Salvia aff officinales L.</i>	Sálvia
Rutaceae	<i>Aegle Marmelos</i>	Marmelo da Índia
Fabaceae	<i>Trigonella Foenum Graecum</i>	Alfovas
Myrtaceae	<i>Syzygium Jabulatum DC.</i>	Jamelão/Oliva
Plantaginaceae	<i>Scoloparia Dulcis L.</i>	Vassourinha-doce
Anacardiaceae	<i>Anacardium Orientale</i>	Cajueiro
Passifloraceae	<i>Passiflora Edulis Sims</i>	Maracujazeiro
Fabaceae	<i>Tamarindus indica L</i>	Tamarindeiro
Rubiaceae	<i>Genipa Americana L</i>	Jenipapo

Fonte: Brasil, 2019.

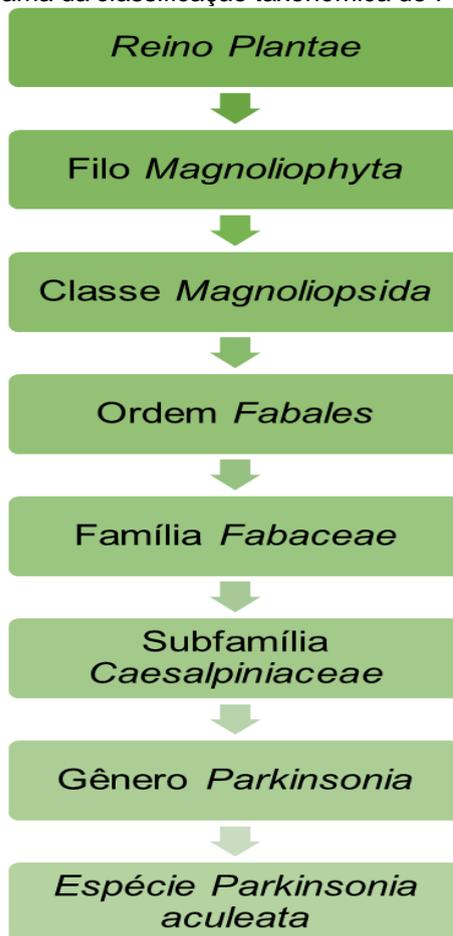
Essas plantas medicinais, ao serem integradas no manejo de condições crônicas como diabetes *mellitus*, refletem não apenas uma prática cultural, mas também uma busca por tratamentos mais naturais e acessíveis. No entanto, é essencial que seu uso seja feito com cautela e sob orientação profissional, uma vez que a combinação com terapias farmacológicas pode gerar interações medicamentosas indesejadas (Dias *et al.*, 2018; Pedroso, 2021). Além disso, a inclusão de plantas na Rénisus destaca a relevância científica e terapêutica dessas espécies, o que reforça a necessidade de mais estudos clínicos, que validem sua eficácia e segurança no contexto do tratamento de doenças crônicas.

2.3 *Parkinsonia aculeata L.*

Parkinsonia aculeata L. é uma espécie que se desenvolve em regiões áridas, semiáridas e subúmidas, abrangendo desde o sul dos Estados Unidos, norte do México, Nicarágua e Costa Rica até a América do Sul, comumente conhecida como turco, espinho de judeu, cina-cina, jervá, talo verde, espinho de Jerusalém, espinho de turco e rosa da Turquia (Ahwad, 2023; Bezerra, 2013; Gaião, 2020; Gut *et al.*, 2020; Romão, 2024; Rosa, 2009; Souto, 2024). Conforme a sua taxonomia, *Parkinsonia aculeata* faz parte do grupo das angiospermas, o mais diversificado do reino *Plantae*. Dessa forma, pertence ao filo *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, ordem Fabales, família *Fabaceae*, também conhecida como Leguminosae. Trata-se da família das

leguminosas que inclui feijões, ervilhas e amendoins e subfamília *Caesalpinieae*. Quanto ao gênero, *Parkinsonia* é uma homenagem ao botânico inglês John Parkinson, enquanto o epíteto específico *aculeata* faz referência aos espinhos presentes no caule da planta, sendo bastante conhecida por suas flores amarelas (Figura 1) (Ahwan, 2024; Frabricante, 2010).

Figura 1. Fluxograma da classificação taxonômica de *Parkinsonia aculeata*

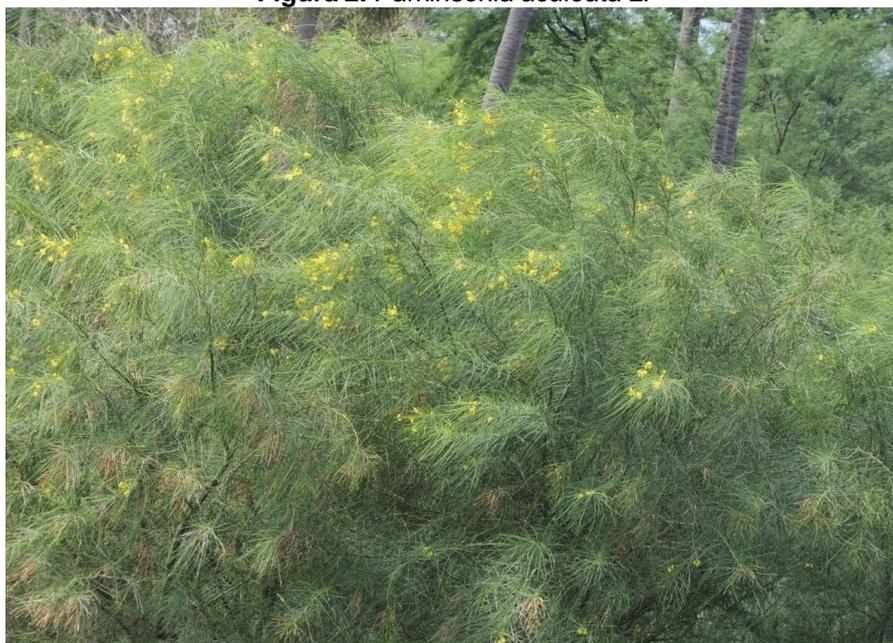


Fonte: Autor, 2024.

O turco pode alcançar entre 4 e 10 metros de altura, com tronco e galhos de coloração verde e espinhos que variam entre 7 e 12 mm de comprimento. Suas folhas, que medem de 20 a 40 cm, são compostas por 20 a 30 pares de folíolos ovais com 3 a 8 mm de comprimento (Ahwan, 2024; Divya *et al.*, 2011; Franco, 2016; Hosseini Doust *et al.*, 2018;). As flores são amarelas, organizadas em racemos, cada flor possuindo cinco pétalas que apresentam áreas com pigmentação vermelha, com estames que possuem anteras de cor castanha. O fruto é um legume ou sublegume indeiscente, com ápice acentuadamente agudo e constrições visíveis entre as

sementes (Figura 2) (Fabricante, 2010; Gaião, 2020; Romão, 2024). Além dessas características, a espécie é frequentemente encontrada em ambientes secos e ensolarados, sendo adaptada a solos pobres, o que reflete sua resistência e capacidade de sobrevivência em condições adversas (Fabricante e Andrade, 2014)

Figura 2. *Parkinsonia aculeata* L.



Fonte: Araújo, 2023

Esta espécie vegetal é reconhecida por suas propriedades medicinais e pelo seu potencial na medicina tradicional em diversas comunidades. O uso tradicional inclui o emprego de diferentes partes da planta, como folhas, cascas, frutos e partes aéreas na preparação de infusões, decocções e extratos medicinais. Esses preparados são utilizados no tratamento de uma variedade de condições de saúde, incluindo distúrbios gastrointestinais, infecções, inflamações, reumatismo e problemas hepáticos (Divya *et al.*, 2011; Hassan *et al.*, 2015).

Contudo, diversos estudos apontam para as propriedades antieméticas, antiespermatogênicas, antioxidantes, antimicrobianas, antipiréticas de *P. aculeata* (Ali *et al.*, 1999; Cruz-veja *et al.*, 2000; Gupta *et al.*, 2007; Hassan *et al.*, 2008; Mulhovo *et al.*, 2008; Mruthunjaya e Hukkeri, 2008; Mridha *et al.*, 2010, Marzouk *et al.*, 2013; Frasson *et al.*, 2012, Hosseini Doust *et al.*, 2018). Ademais, outros estudos incluem atividade amebicida (Kamal e Mathur, 2007), e antiparkinsoniana (Patel *et al.*, 2014).

Além de atividade hipoglicemiante e moduladora de insulina (Hundekari *et al.*, 2013; Leite *et al.*, 2007, 2011;).

Em um estudo realizado por Gaião (2020), que avaliou o efeito da fração polar do extrato de partes aéreas de *Parkinsonia aculeata* sobre a absorção de glicose em um modelo *in vitro* de resistência insulínica, foram citadas informações sobre a composição fitoquímica dessa espécie. Entre os compostos mencionados, destacam-se as C-glicosilflavonas, como isoorientina, vitexina e isovitexina, além de leucina-II, vicenina-II, apigenina, luteolina, kaempferol e crisosseriol (Hassan *et al.*, 2019; Abdelaziz *et al.*, 2020; Ei-sayed *et al.*, 1991). Outros compostos citados incluem Parkinsonin-A, Epi-orientina e C-glicosídeo de luteolina (Bhatia *et al.*, 1961).

Ademais, Ali *et al.* (2005) isolaram uma flavanona inédita, denominada Parkintin, do extrato hidrometanólico das folhas. É válido ressaltar que estudos revelam a presença de compostos bioativos de outras classes de metabólitos em *Parkinsonia aculeata*, incluindo taninos, alcaloides e saponinas (Barros, 2023).

Apesar da sua importância na medicina tradicional, é fundamental destacar a necessidade de estudos científicos mais abrangentes para validar e elucidar os mecanismos de ação dos compostos presentes em *Parkinsonia aculeata*. Além disso, é importante investigar a segurança e eficácia da planta em ensaios clínicos controlados, visando sua possível incorporação na medicina convencional. Portanto, a mesma representa uma importante fonte de compostos bioativos com potencial terapêutico, destacando-se como uma planta de interesse para a pesquisa e desenvolvimento de novos medicamentos (Franco, 2016).

2.4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA de *Parkinsonia aculeata*

Parkinsonia aculeata é uma planta leguminosa, amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo. Originária das áreas áridas e semiáridas da América do Norte e Central, especialmente no sudoeste dos Estados Unidos, México e Caribe, a espécie se adaptou a diversos ambientes, incluindo partes da América do Sul, África, Austrália e sul da Ásia (USDA, 2014). Essa planta é frequentemente encontrada em *habitats* secos e ribeirinhos, demonstrando uma notável capacidade de tolerar condições de seca e solos pobres, o que contribui para

sua ampla disseminação e estabelecimento em diferentes ecossistemas (Martínez, 2023).

No Brasil, *P. aculeata* é amplamente distribuída em várias regiões, especialmente nas áreas semiáridas do Nordeste, onde se adaptou bem às condições climáticas adversas (Figura 3). A planta é encontrada em estados como Bahia, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Maranhão, Alagoas, Rio Grande do Norte, Ceará, e Piauí, onde cresce principalmente em áreas ribeirinhas e solos arenosos, que são típicos dessas regiões. Além disso, a espécie também está presente em partes do Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Norte do país, demonstrando uma grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de solo e clima. A disseminação no Brasil tem sido favorecida, tanto por sua capacidade de reproduzir-se rapidamente, quanto pelo transporte acidental de sementes por animais e seres humanos. A planta é utilizada em alguns locais para forragem, controle de erosão e como cerca-viva, mas também pode se tornar invasiva, competindo com a vegetação nativa e alterando os ecossistemas locais (Martínez, 2023; Romão, 2024; USDA, 2014;).

Figura 3. Distribuição geográfica de *P. aculeata* no Brasil.



Fonte: Autoria própria 2024.

2.5 COMPONENTES FITOQUÍMICOS DAS PLANTAS

As plantas são organismos altamente complexos, que produzem uma variedade extensa de compostos químicos essenciais para sua sobrevivência e interação com o ambiente. Esses compostos são coletivamente conhecidos como fitoquímicos e desempenham papéis importantes nos processos fisiológicos e ecológicos das plantas. De maneira geral, os fitoquímicos podem ser divididos em duas categorias principais: metabólitos primários e metabólitos secundários (Santos, 2019).

Os metabólitos primários são compostos essenciais para os processos vitais das plantas, como crescimento, desenvolvimento e reprodução. Eles incluem carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, que são fundamentais para a estrutura e funcionamento das plantas (Taiz e Zeiger, 2010). Esses compostos servem como blocos de construção e fontes de energia.

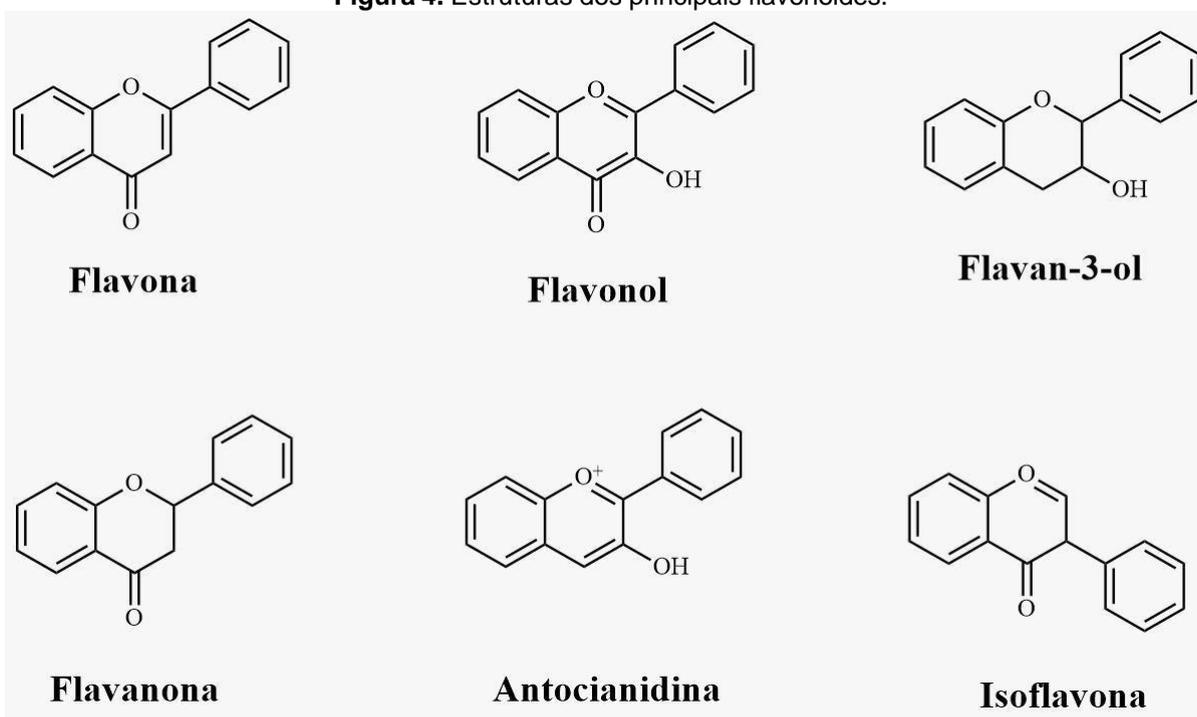
Em contraste, os metabólitos secundários não são necessários para a sobrevivência básica das plantas, mas desempenham papéis críticos em suas interações ambientais. Eles são frequentemente envolvidos em defesa contra herbívoros, atração de polinizadores, e adaptação a estresses ambientais (Amorim, 2020; Berger *et al.*, 2019). Ademais, tem grande importância ecológica devido ao seu efeito medicinal para os seres humanos. Entre os metabólitos secundários, destacam-se os alcaloides, terpenos, taninos e compostos fenólicos (Vizzoto, Krolow; Weber, 2010).

Os fenóis são uma classe de compostos caracterizados por um ou mais grupos hidroxila, ligados a anéis aromáticos. Eles estão amplamente distribuídos nas plantas e desempenham papéis vitais na proteção contra estresses bióticos e abióticos, incluindo a defesa contra microrganismos patogênicos, insetos herbívoros e danos causados pela radiação UV (Dixon *et al.*, 2016).

Podem ser encontrados em várias partes das plantas, como folhas, frutos, raízes e cascas, e são responsáveis pela cor, sabor e aroma de muitos produtos vegetais. Além disso, têm sido amplamente estudados por suas propriedades antioxidantes e potenciais benefícios à saúde humana, como a redução do risco de doenças crônicas (Balasundram *et al.*, 2006).

Os flavonoides, um subgrupo dos compostos fenólicos, são conhecidos por suas funções na proteção contra a radiação UV, sinalização para polinizadores e defesa contra patógenos. Eles estão presentes em uma variedade de plantas, sendo encontrados, basicamente, em flores, frutos, sementes, talos, raízes, folhas e cascas. (Feldman, 2001; Kumar e Pandey, 2013). Possuem um núcleo característico C6-C3-C6 e são biossintetizados a partir das vias do ácido acético e do ácido chiquímico (Cazarolli, 2008; Coutinho, 2009). Na Figura 4, observa-se as principais estruturas desta classe.

Figura 4. Estruturas dos principais flavonoides.



Fonte: Autor, 2024

2.6 CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS VEGETAIS

A caracterização de materiais vegetais é um passo essencial no desenvolvimento de produtos fitoterápicos, pois garante a qualidade, segurança e eficácia do insumo vegetal. A droga é a parte da planta utilizada na preparação do medicamento, e sua identificação correta envolve a realização de testes que avaliam características morfológicas, microscópicas, físico-químicas e microbiológicas (Brasil, 2014). Esses testes permitem a padronização do material vegetal, assegurando que

ele atenda às especificações farmacológicas, evitando contaminações ou adulterações que possam comprometer a segurança do produto final (Soares, 2017).

Os principais testes realizados para a caracterização da droga vegetal incluem as análises macroscópica e microscópica, que avaliam as características visuais e estruturais do material vegetal. A análise macroscópica observa aspectos como cor, odor, sabor, textura e forma da droga, enquanto a análise microscópica investiga detalhes anatômicos e histológicos, como a presença de tricomas, estômatos e células secretoras. Essas análises são fundamentais para a identificação correta da planta e para garantir a autenticidade do material vegetal, evitando confusões com espécies similares (Macrini, 2011; Simões, 2017).

Além das análises morfológicas, são realizadas também análises físico-químicas para a caracterização da droga vegetal. Entre elas, destacam-se a determinação de umidade, cinzas totais e insolúveis em ácido e identificação de constituintes químicos específicos, como alcaloides, flavonoides e taninos hidrolisáveis ou condensados. Essas análises são importantes para estabelecer a qualidade do material vegetal e garantir que ele possui os princípios ativos em concentrações adequadas para o uso terapêutico (Hubinger, 2009; Macrini, 2011).

Por outro lado, a caracterização da solução extrativa, que é o extrato obtido a partir da droga vegetal, também desempenha um papel crucial no controle de qualidade. Testes como a determinação do teor de sólidos totais, pH, densidade e a identificação e quantificação de marcadores químicos são realizados para assegurar a padronização e eficácia do extrato (Brasil, 2010). A importância desses testes reside na necessidade de garantir que o extrato possua atividade biológica consistente e esteja livre de contaminantes, garantindo, assim, a segurança e eficácia do produto desenvolvido (Soares, 2017).

2.7 OPERAÇÕES DE SECAGEM DE EXTRATOS VEGETAIS SECOS

2.7.1 Secagem por Aspersão (*Spray dryer*)

O método de secagem por aspersão tem se tornado cada vez mais importante ao longo dos anos sendo um método eficaz para a produção de pós. Esse processo contínuo, simples e de etapa única oferece excelente escalabilidade, o que o torna

amplamente utilizado nas indústrias alimentícia, química e farmacêutica (Quadro 2), tanto para fins de produção quanto de pesquisa (Voigt, 2000).

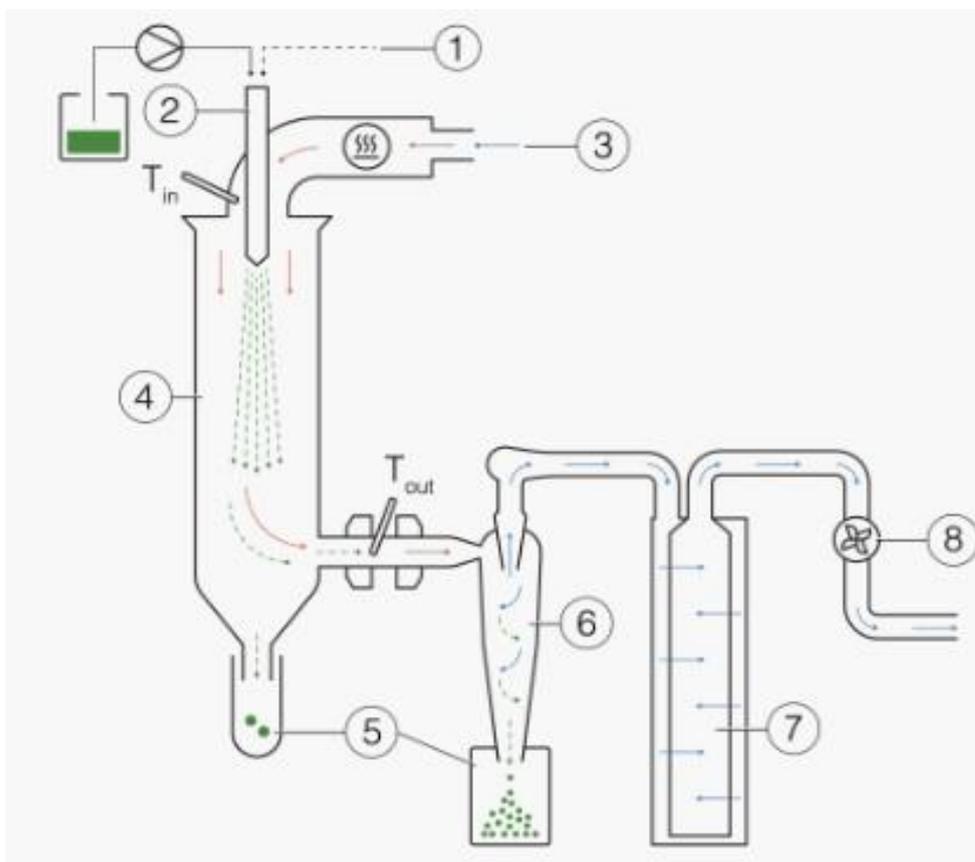
Quadro 2. Aplicações da secagem por atomização.

Indústria alimentícia	Indústria química	Indústria farmacêutica
Leite em pó, ovos, café	Materiais de cerâmica, nanomateriais, baterias e ciência de materiais	Administração pulmonar, granulação, encapsulação
Alimentos para bebês	Detergentes, sabonetes	Produtos biofarmacêuticos, como enzimas, hormônios, aminoácidos, peptídeos e proteínas
Ração	Pesticidas, herbicidas, fungicidas, inseticidas, fertilizantes	Antibióticos, vacinas, vitaminas, leveduras
Encapsulação de flavorizantes	Pigmentos, tintas e corantes	-
Compostos bioativos, nutracêuticos	Cosméticos	-

Fonte: Buchi, 2024.

Este método permite processar diferentes quantidades de material de forma eficiente, resultando em um produto seco em uma única operação, consistindo em três etapas que envolvem: atomização, desidratação e coleta de pó. De início, o fluido é disperso em gotículas, criando uma ampla área superficial, formada por pequenas gotas expostas ao ar quente; isso aumenta a superfície de contato das gotículas, que são expostas a um fluxo de ar quente na câmara, resultando na rápida evaporação do solvente e conseqüentemente a formação da partícula sólida (Figura 5) (Oliveira *et al.*, 2010; Lochneckel *et al.*, 2018).

Figura 5. Princípio funcional do *spray dryer* convencional



Legenda: ① + ② Formação de gotas: atomizador duplo fluido do S-300, ③ Aquecimento: aquecer o ar de entrada na temperatura desejada (máx. 250°C), ④ Câmara de secagem: troca de calor por condução entre o ar de secagem e as gotas da amostra, ⑤ Coleta de partículas em dois lugares possíveis, ⑥ Coleta de partículas: tecnologia de ciclone, ⑦ Filtro de saída: coleta das partículas mais finas para proteger o usuário e o ambiente e ⑧ Ar de secagem: aplicado pelo aspirador.

Fonte: Buchi, 2024.

É importante destacar que, conforme Masters (1997), as propriedades físicas que afetam a qualidade dos produtos obtidos são influenciadas pelos parâmetros de secagem utilizados durante o processo, bem como pelas características do fluido de alimentação, seja uma suspensão, emulsão ou solução. Tendo como exemplo, as gotículas expostas a temperaturas mais altas podem reduzir de tamanho, enquanto aquelas sujeitas a temperaturas mais baixas tendem a manter seu tamanho original. Existe também a possibilidade de que partículas, com diferentes níveis de umidade, encontrem-se e formem aglomerados (Gomes, 2021; Souza, 2013).

Ademais, em comparação com outros processos de secagem para a produção do material final, como secagem em estufa, secagem em leito fluidizado e liofilização, a secagem por aspersion é uma técnica que oferece diversas vantagens, do ponto de

vista tecnológico. Dentre elas, diminuição do tempo de produção devido a características favoráveis para a transposição de escala, incluindo flexibilidade e facilidade operacional, resultando em um produto de alta qualidade (Baccarin *et al.*, 2016; Masters, 1985; Shaw, 1997). Conseqüentemente, ao ajustar as condições de análise, pode-se obter um controle preciso sobre as características das partículas do pó, como estabilidade físico-química, solubilidade, morfologia e fluidez (Chaul *et al.*, 2017; Oliveira, 2015).

Além disso, é imprescindível ressaltar que, apesar do emprego de temperaturas relativamente elevadas, o curto tempo de contato entre as gotículas e o ar impede a degradação significativa de constituintes presentes nos extratos vegetais (Vladić *et al.*, 2016). Sendo um ponto importante, já que na produção de fitoterápicos, a preservação dos componentes bioativos dos extratos é essencial para garantir que a atividade biológica da planta utilizada seja mantida (Cortés-Rojas; Souza; Oliveira, 2015).

No entanto, há algumas desvantagens no processo de secagem por pulverização, uma vez que o custo inicial é elevado devido à necessidade de investimento em infraestrutura. O *spray dryer* é um equipamento projetado para operação contínua, o que pode ser uma limitação em casos onde se deseja produção em lotes menores ou que tenha necessidade de frequentes ajustes e manutenções. Além disso, a complexidade na formulação e reologia também é um fator preocupante, já que exige o ajuste na formulação para garantir que o líquido seja adequado, pois a pulverização pode ser complexa, especialmente quando se trabalha com novas moléculas ou compostos com características físico-químicas desafiadoras como soluções mais viscosas (Broadhead *et al.*, 1992; Kumuro, 2024; Silva, 2014; Wendel e Celik, 1998). Contudo, o valor do produto final pode justificar o investimento inicial necessário (Voigt, 2000).

2.7.2 Obtenção de extratos secos vegetais por liofilização

A liofilização, ou secagem por congelamento, é um método que permite a remoção de água de materiais biológicos ou químicos, mantendo suas propriedades estruturais e funcionais. Este processo é particularmente vantajoso para a obtenção

de extratos secos vegetais, pois preserva compostos sensíveis ao calor que podem ser degradados em outros métodos de secagem (Terroni *et al.*, 2013).

A técnica consiste em três etapas principais: congelamento, sublimação primária e sublimação secundária. O congelamento é a fase inicial, onde a água contida no material é solidificada. Durante a sublimação primária, a água congelada é removida sob vácuo, passando diretamente do estado sólido para o gasoso, sem passar pelo estado líquido. Na sublimação secundária, a água remanescente ligada à matriz do material é removida a temperaturas mais elevadas, garantindo a obtenção de um produto final seco e estável (Ratti, 2001; Aulton 2002; Taylor, 2016).

É importante frisar que a etapa do congelamento é um passo crítico na liofilização, pois determina a estrutura do material seco. Congelamentos rápidos geralmente formam cristais de gelo pequenos, o que pode preservar a estrutura celular da planta e melhorar a qualidade do extrato seco. De acordo com Ratti (2001), a taxa de congelamento afeta significativamente as propriedades físicas do produto final, influenciando a capacidade de reidratação e a retenção de compostos bioativos do material.

É um método que oferece várias vantagens sobre outros métodos de secagem, tais como preservação da qualidade, uma vez que os compostos bioativos, incluindo vitaminas, antioxidantes e flavonoides, são bem preservados devido à ausência de calor elevado durante o processo (Boss *et al.*, 2004). O produto tende a apresentar boa estabilidade em termos de armazenamento, com menor risco de oxidação e deterioração (Lima, 2019) e uma reidratação eficaz, pois, produto liofilizado é altamente poroso, permitindo uma rápida e completa reidratação quando necessário, o que é benéfico para aplicações farmacêuticas e também alimentícias (Terroni *et al.*, 2013).

É válido ressaltar que, apesar das vantagens significativas, a liofilização apresenta desafios, como o alto custo de operação e o tempo prolongado necessário para o processamento. Entretanto, a liofilização é superior às outras técnicas de conservação por preservar melhor as características do produto, minimizando a decomposição térmica e a perda de voláteis, o que mantém as qualidades essenciais do produto (Terroni, 2013).

2.7.3 Obtenção de extratos secos vegetais em estufa de ar circulante

A secagem em estufa de circulação de ar é um processo amplamente empregado na indústria para remover a umidade de diversos materiais, como alimentos, produtos farmacêuticos e materiais biológicos. Esta técnica envolve o uso de uma estufa equipada com um sistema de circulação de ar quente, que proporciona uma distribuição uniforme da temperatura e umidade dentro da câmara de secagem (Silva *et al.*, 2019).

O processo de secagem consiste em desidratar as amostras vegetais, através de um fluxo constante de ar aquecido. Sendo bastante utilizada devido à sua eficiência e controle preciso de temperatura, umidade e fluxo de ar, permitindo um controle mais uniforme das condições de secagem, reduzindo o tempo necessário para a desidratação e minimizando a degradação de compostos termosensíveis (Goula, 2010).

Durante o processo de secagem em estufa de circulação de ar, o extrato fluído é colocado em bandejas ou prateleiras dentro da estufa, onde é exposto a uma corrente de ar quente, que circula continuamente através do sistema. Nesta etapa, pode ser adicionado um adjuvante de secagem para otimizar o processo, levando em consideração fatores como: condições de secagem, tipo de extrato vegetal e propriedades desejadas no produto final (Goula, 2010; Shishi, 2017). Após a secagem, o extrato seco é cuidadosamente removido das bandejas e armazenado em recipientes hermeticamente fechados, para evitar a reabsorção de umidade e a manipulação do composto (Bhandari *et al.*, 2018).

Um dos principais benefícios da secagem em estufa de circulação de ar é a capacidade de controlar com precisão as condições de secagem, incluindo temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Isso permite adaptar o processo às características específicas do material a ser seco, garantindo uma secagem eficiente e de alta qualidade (Adapa *et al.*, 2020).

Contudo, a temperatura do ar de secagem é um fator crítico que influencia diretamente na taxa de evaporação da umidade e na qualidade do produto final. Temperaturas muito altas podem resultar em danos térmicos aos componentes sensíveis do material, enquanto temperaturas muito baixas podem prolongar o tempo de secagem e aumentar os custos operacionais (Mujumdar, 2014).

Além disso, a velocidade do ar também desempenha um papel importante na eficácia da secagem. Uma velocidade do ar muito baixa pode resultar em uma transferência de calor insuficiente, enquanto uma velocidade do ar muito alta pode causar a agitação excessiva do material, prejudicando a distribuição uniforme da umidade (Silva *et al.*, 2019).

É válido ressaltar que a utilização de estufas de ar circulante é especialmente vantajosa na produção em larga escala de extratos secos vegetais. Lima *et al.* (2017) destacam que este método permite uma padronização do processo, essencial para a produção industrial de fitoterápicos. Dessa forma, conclui-se que a secagem de materiais vegetais em estufa de ar circulante é um método simples, eficiente e controlado para a obtenção de extratos secos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DO VEGETAL

As partes aéreas de *Parkinsonia aculeata* foram coletadas em abril de 2022 e 2023 pela Associação Comunitária do Carão, Sítio Poços Pretos, Altinho, Pernambuco, Brasil (coordenadas geográficas fornecidas por GPS – latitude: 08°29.241' e longitude: 36°02.046'), identificada e depositada no Herbário UFPE - Geraldo Mariz, pertencente ao Departamento de Botânica, do Centro de Biociências (CB), da Universidade Federal de Pernambuco/UFPE.

O acesso ao material foi cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), sob o número AA0932F.

Após secagem em temperatura ambiente, o material foi seco em estufa de ar circulante à temperatura de $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 7 dias, para estabilização de peso e calculou-se o rendimento de secagem. Posteriormente, as partes aéreas foram submetidas à cominuição em moinhos de facas, com abertura de malha intermediária, obtendo-se a matéria-prima vegetal (MPV) de *P. aculeata*. Em seguida, a droga vegetal foi caracterizada de acordo com a Farmacopeia Brasileira 6ª edição (Brasil, 2019).

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA DROGA VEGETAL

3.2.1 Determinação de matéria estranha

Cerca de 500 g das partes aéreas de *P. aculeata* foram espalhadas em uma fina camada sobre uma superfície coberta com papel manteiga, e a partir da técnica de quarteamento, os materiais estranhos à droga foram separados manualmente. De início, a olho nu e, em seguida com o auxílio de uma lupa. O material separado foi pesado e, com base no peso da amostra submetida ao ensaio, foi calculada a porcentagem de matéria estranha (Brasil, 2019). A análise foi realizada em triplicata.

3.2.2 Determinação de Cinzas totais

Amostras contendo 3 g do material vegetal foram transferidas para cadinhos de porcelana previamente calcinados, arrefecidos e pesados. As amostras foram distribuídas uniformemente nos cadinhos e incineradas, aumentando, gradativamente a temperatura até, no máximo, $600 \pm 25^{\circ}\text{C}$ (30 minutos a 200°C , 60 minutos a 400°C e 90 minutos a 600°C). Após a incineração, os cadinhos foram arrefecidos por 40 minutos em dessecador e pesados (Brasil, 2019). A análise foi realizada em triplicata.

3.2.3 Determinação granulométrica

O material vegetal foi submetido à análise granulométrica, para obter dados quantitativos sobre o tamanho médio da droga vegetal obtida por cominuição. Amostras de 25 g do material vegetal foram submetidas à passagem através de tamises, previamente pesados e tarados. A abertura das malhas dos tamises utilizados na análise, foram de 850, 600, 500, 425, 250 e 150 μm . O conjunto de tamises foi tampado e ajustado a 60 vibrações por segundo durante 15 minutos. Posteriormente, utilizando um pincel adequado, foi removida toda a amostra retida na superfície superior de cada malha para um papel impermeável, e o pó retido foi pesado (Brasil, 2019). A análise foi realizada em triplicata.

3.2.4 Determinação de Umidade

Amostras de 1 g do material vegetal foram pesadas e transferidas para pesa-filtros chato, previamente dessecados durante 30 minutos. Após resfriamento em dessecador, os pesa-filtros, contendo as amostras, foram pesados e tampados. Em seguida, foram agitados brandamente para distribuir a amostra, da maneira mais uniforme possível, a uma altura ideal de 5 mm, e colocados os pesa-filtros na estufa, retirando as tampas, porém, deixando-as também na estufa. As amostras foram secas à 105°C , por 2 horas. Os pesa-filtros foram colocados no dessecador para esfriar até temperatura ambiente e, em seguida, pesados até obter o peso constante (Brasil, 2019).

3.2.5 Índice de intumescência

Foi utilizado 1 g da droga vegetal em provetas de 25 mL, com adição de água ultrapura, mantidos sob agitação a cada 10 minutos por uma hora. As amostras foram deixadas em repouso por 3 horas, à temperatura ambiente. Posteriormente, foram verificados os volumes finais ocupados pelas amostras, onde o índice de intumescência (Ii) foi calculado em mililitros, pela média de 3 determinações segundo a equação abaixo:

$$I_i = V_f - V_i$$

Onde, V_f corresponde ao volume final ocupado pela amostra (mL);
 V_i é o volume inicial ocupado pela amostra (mL) (Brasil, 2019).

3.2.6 Análise térmica

Para os ensaios de Termogravimetria foi utilizada uma termobalança, (Shimadzu®), modelo DTA-60. As condições operacionais para obtenção das curvas TG foram: razão de aquecimento de $10^\circ \text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, atmosfera de nitrogênio ultrapuro ($50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$) e um intervalo de temperatura entre 25°C e 600°C . Cada amostra teve uma massa aferida em torno de $5 \pm 0,1 \text{ mg}$ em cadinhos de alumina abertos. A calibração do equipamento foi realizada na razão de aquecimento de $10^\circ \text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, utilizando como padrão o oxalato de cálcio (Gomes, 2019).

As curvas termogravimétricas (TG) foram analisadas utilizando o software TA 60®, e os gráficos foram gerados com o auxílio do software Origin®.

3.2.7 Prospecção fitoquímica

Realizou-se a prospecção fitoquímica das partes aéreas de *P. aculeata* a partir da realização de reações colorimétricas e/ou de precipitação para a identificação das principais classes de metabólitos secundários (Sociedade Brasileira de Farmocognosia, 2009).

3.2.7.1 Pesquisa de flavonoides

A extração foi preparada, por decocto, utilizando 1 g da droga vegetal pulverizada e 10 mL de álcool 70% por 2 minutos, para realizar as reações de identificação. Logo a seguir, o extrato foi filtrado, com o auxílio de algodão.

3.2.7.1.1 *Reação de Shinoda*

Cerca de 2 mL do extrato alcoólico obtido foi colocado em um tubo de ensaio. A seguir, foram adicionados pequenos fragmentos de magnésio metálico. Adicionou-se também 1 mL de ácido clorídrico concentrado.

Reação positiva indica presença de flavonóides, desenvolvendo uma coloração rósea a vermelha.

3.2.7.1.2 *Reação de Pew*

Para essa reação, foram utilizados cerca de 3 mL do extrato obtido em cápsula de porcelana levada ao banho-maria, até *secura*. Foram adicionados 3 mL de metanol, sendo esse conteúdo, transferido para um tubo de ensaio. Uma pequena porção de zinco metálico e 3 gotas de ácido clorídrico concentrado foram adicionados a este tudo de ensaio.

Reação positiva indica presença de flavonóides, desenvolvendo lentamente uma coloração vermelha.

3.2.7.2 Pesquisa de taninos

A extração foi preparada, por decocto, utilizando-se 5 g da droga vegetal pulverizada com 100 mL de água destilada, durante 15 minutos. Em seguida, o extrato foi filtrado com algodão, para realização das reações de identificação (Sociedade Brasileira de Farmocognosia, 2009).

De início, o filtrado foi distribuído em tubos de ensaio identificados para realizar 3 reações:

a. Gelatina - Em 2 mL do extrato obtido, foram adicionadas 2 gotas de HCl diluído e uma solução de gelatina a 2,5% (p/v), gota a gota. Ocorrendo a formação de precipitado, a reação será positiva para taninos.

b. Cloreto férrico - Em 2 mL do extrato, foram adicionados 10 mL de água destilada e 4 gotas da solução de FeCl_3 a 1% (p/v) em metanol. O aparecimento de coloração azul indica reação positiva para taninos hidrolisáveis, e verde para taninos condensados.

c. Acetato de Chumbo - Em 5 mL do extrato, foram adicionados 10 mL da solução de ácido acético a 10% (v/v) e 5 mL da solução de acetato de chumbo a 10% (p/v). A formação de um precipitado esbranquiçado indica presença de taninos hidrolisáveis.

3.2.7.3 Pesquisa de antraquinonas livres (Reação de Borntrager direta)

Foi adicionada uma pequena quantidade da droga em um tubo de ensaio e 5 mL de solução de NH_4OH a 10% (v/v).

Reação positiva indicando presença de antraquinonas, desenvolvendo uma coloração rósea ou avermelhada (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

3.2.7.4 Teste para antocianinas, antocianidinas e flavonoides

Foi realizado através do método da variação de pH. Em 3 tubos de ensaio contendo 4 mL de extrato, condicionou-se um deles a pH 3, outro a pH 8,5 e o terceiro a pH 11, utilizando HCl e NaOH concentrados, com auxílio de papel tornassol para controle dos pH (Oliveira, 2021). Observou-se o aparecimento de cores, conforme o Quadro 3 (Matos, 1997).

Quadro 3. Relação entre as antocianinas, antocianidinas, flavonóides e suas cores obtidas no teste seguindo a literatura.

Compostos	Ácido (pH 3)	Base (pH 8,5)	Base (pH 11)
Antocianinas e antocianidinas	Vermelho	Lilás	Azul púrpura
Flavonas, flavonóis e xantonas	-	-	Amarelo
Chalconas e auronas	Vermelho	-	Vermelho púrpura
Flavonóis	-	-	Vermelho laranja

Fonte: Matos, 1997.

3.2.7.5 Cumarinas

Aqueceu-se em chapa-quente, durante cerca de 10 minutos, o pó da droga vegetal em uma câmara de microssublimação (o sublimado apresentou-se sob a forma de cristais). Dissolveu-se o sublimado obtido com 0,5 mL de metanol. Lançaram-se cinco gotas, concentrando-se em um único ponto, de modo a obter duas manchas de 1 cm de diâmetro, em uma folha de papel filtro e secou-se; depois de seco, juntou-se uma gota de solução alcoólica de hidróxido de potássio a 10% (p/v) e secou-se. Posteriormente, a outra mancha foi descoberta e verificou-se a fluorescência (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

Reação positiva: Fluorescência azul-esverdeada.

3.2.7.6 Saponinas

O índice afrosimétrico, também conhecido como índice de espuma, é determinado pela maior diluição em que 1 g da droga é capaz de produzir 1 cm de espuma. Para isso, uma solução foi preparada usando 100 mL de água destilada, e uma série de dez diluições foi feita. Cada solução diluída foi agitada e deixada em repouso por 15 minutos. Após esse período, o comprimento da espuma persistente foi medido com o auxílio de uma régua. Finalmente, o índice de espuma (IE) foi calculado, usando a fórmula $IE = 1000/Me$, onde Me representa a média das diluições em que a droga apresentou espuma de 1 cm (Brasil, 2019).

3.3 OBTENÇÃO DA SOLUÇÃO EXTRATIVA

A solução extrativa foi obtida a partir de partes aéreas pulverizadas de *P. aculeata*, que foram maceradas com uma mistura de etanol e água (1:1; v/v) (Leite, 2011). Utilizou-se 1 litro dessa solução hidroalcoólica para cada 50 g de matéria-prima vegetal seca. A suspensão resultante foi deixada em repouso durante 7 dias à temperatura ambiente, com homogeneização diária. Após esse período, o extrato foi filtrado, através de papel filtro e armazenado em frasco de vidro âmbar.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA SOLUÇÃO EXTRATIVA

3.4.1 Determinação do Resíduo Seco

Foram transferidos 2 mL da solução extrativa para pesa-filtros. Evaporou-se até secura em banho-maria e dessecou-se em estufa a 105 °C, durante 3 horas. Deixou-se esfriar em dessecador, sobre sílica e pesou-se. Calculou-se o resíduo seco em porcentagem sobre o volume (Brasil, 2019). A análise foi realizada em triplicata.

3.4.2 Determinação de pH

Foi realizada através da utilização de cerca de 25 mL da solução extrativa em pHmetro Micronal® modelo B474 previamente calibrado. O resultado foi expresso pela média de seis determinações (Brasil, 2019).

3.4.3 Determinação de Densidade Relativa

Foram utilizados três picnômetros de 25 mL, previamente calibrados. A calibração consiste na determinação da massa do picnômetro vazio e da massa de seu conteúdo com água destilada. As amostras foram transferidas para os picnômetros, removendo o excesso da substância e pesados. O peso das amostras foi obtido, através da diferença de massa do picnômetro cheio e vazio. A densidade

relativa foi determinada por meio da razão entre a massa da amostra líquida e a massa da água, ambas a 20°C (Brasil, 2019). A análise foi realizada em triplicata.

3.5 OBTENÇÃO DO EXTRATO SECO

A obtenção dos extratos secos foi realizada através de três técnicas de secagem que apresentam mecanismos distintos: Secagem por pulverização (*spray dryer*), liofilização (*freeze dryer*) e a estufa de circulação (Silva, 2010).

3.5.1 Obtenção do extrato seco por *spray dryer*

Para a obtenção do extrato seco por atomização, foi utilizado o equipamento Buchi Labortechnik® (Modelo B-290). Um planejamento experimental foi realizado, avaliando diferentes temperaturas de atomização (150, 155, 160, 165 e 170°C), percentuais de Aerosil® (10, 20 e 30%), que foi o adjuvante de secagem de escolha e fluxo de ar médio (3mL/min., 6mL/min. e 9mL/min.). Em cada experimento, foram utilizados 500 mL de extrato vegetal, e os pesos obtidos após a secagem foram registrados e calculado o rendimento de cada teste. Foram obtidas 20 amostras durante o experimento, com pesos entre 2,5 g e 0,7 g. (Silva, 2021).

3.5.2 Obtenção do extrato seco por liofilização

Primeiramente, para a obtenção do extrato seco por liofilização, o extrato fluido obtido por maceração foi filtrado a vácuo, desalcoolizado e concentrado utilizando um evaporador rotativo (RV10 Basic, IKA®). O extrato concentrado foi, então, direcionado ao processo de liofilização. O equipamento utilizado foi o LIOTOP® (Modelo L101), onde o extrato preparado foi distribuído em recipientes adequados e congelados por 2 dias. Após o congelamento, os recipientes foram transferidos para o liofilizador, operando com os seguintes parâmetros: 210 Vca e temperatura de -50°C, durante 7 dias. O extrato seco obtido foi armazenado a -20°C, em um recipiente adequadamente vedado e protegido da luz (Franco, 2022).

3.5.3 Secagem por estufa de ar circulante

A secagem da solução extrativa em uma estufa de ar circulante foi realizada a uma temperatura controlada de 60°C, por cerca de 2 horas e meia, com o objetivo de remover a umidade da solução de forma eficiente. Para otimizar o processo de secagem e evitar a manipulação de compostos bioativos, foi adicionada celulose microcristalina 101 a 10% (p/v), como adjuvante. Após o processo, o extrato seco foi cuidadosamente coletado e armazenado em condições adequadas, para evitar a reabsorção de umidade e possível manipulação dos componentes ativos (Oliveira *et al.*, 2013; Vieira e Nicolete, 2012).

3.6 CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS SECOS

3.6.1 Determinação de umidade residual

Foi realizada através do método gravimétrico, onde foram pesados cerca de 0,5 g dos extratos secos e transferidos para pesa-filtros chatos previamente dessecados durante 30 minutos, nas mesmas condições a serem empregadas na determinação. Após resfriamento em dessecador, os mesmos foram pesados tampados, contendo as amostras. Posteriormente, foram colocados em estufa (aproximadamente 105°C) por 2 horas (Brasil, 2019). Os pesa-filtros foram armazenados em dessecador, para estabilização de temperatura e então pesados. A operação foi repetida, até peso constante.

3.6.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A análise foi realizada em parceria com o Laboratório de Espectroscopia de Impedância e Materiais Orgânicos (LEIMO), da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Juazeiro. Os extratos secos foram transferidos para o suporte metálico de alumínio recoberto com fita adesiva de grafite, de forma a fixar o material para a primeira etapa de metalização. Posteriormente, foram depositados 120 nm de filme de ouro, a partir de uma metalizadora Quorum®, modelo Q150R ES aplicando uma taxa de deposição do filme metálico de 10 nm/min.

Com a evaporação da camada de ouro sobre as partículas do material de interesse, o suporte metálico (com três amostras por vez) foi rosqueado na base do microscópio eletrônico de varredura TM-1000 (Hitachi, Japão), que teve sua câmara de análise evacuada com uma bomba turbo molecular para que, então, um potencial elétrico de aceleração dos elétrons de 5 kV pudesse estabelecer imagens com magnificação entre 100x e 1500x.

3.6.3 Prospecção fitoquímica

Realizou-se a prospecção fitoquímica dos extratos secos de *P. aculeata*, a partir de reações colorimétricas para a identificação de flavonoides. A fitoquímica da droga vegetal e dos extratos de secos de *P. aculeata* também foi analisada utilizando a técnica de Cromatografia em Camada Delgada (CCD), realizada em parceria com o laboratório de Farmacognosia da UFPE. Utilizou-se também a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) para a identificação dos metabólitos.

3.6.3.1 Pesquisa de flavonoides

A extração foi preparada, por decocto, utilizando-se 1 g da droga vegetal pulverizada 10mL de álcool a 70% por 2 minutos, para realizar as reações de identificação. Logo a seguir, o extrato foi filtrado com algodão (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

a. Reação de Shinoda

Cerca de 2 mL de cada extrato alcoólico obtido foi colocado em um tubo de ensaio. A seguir foram adicionados pequenos fragmentos de magnésio metálico. Adicionou-se também 1 mL de ácido clorídrico concentrado.

Reação positiva indica presença de flavonoides, desenvolvendo uma coloração rósea a vermelha (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

b. Reação de Pew

Para essa reação, foram utilizados cerca de 3 mL de cada extrato obtido em cápsula de porcelana levada ao banho-maria até *secura*. Foram adicionados 3 mL de metanol, sendo esse conteúdo então transferido para um tubo de ensaio. Uma pequena porção de zinco metálico foi adicionada e também 3 gotas de ácido clorídrico concentrado.

Reação positiva indica presença de flavonoides, desenvolvendo lentamente uma coloração vermelha (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

3.6.3.2 Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

Pesou-se aproximadamente 1 g da droga vegetal e dos extratos secos por *spray dryer* (amostras 7, 9 e 14), uma amostra liofilizada e outra obtida por estufa de circulação. Foram solubilizados em 1 mL de solução hidroalcolica (1:1 etanol:água), em *ependorf*, sendo, em seguida, submetido à agitação, até solubilização completa. Todas as classes de metabólitos secundários e padrões químicos utilizados nessa triagem estão apresentados no Quadro 4.

Com auxílio de um capilar de vidro, tanto as amostras, quanto os padrões foram aplicados em placas cromatográficas de sílica gel 60 – F254, sendo eluidas em cubas saturadas com o sistema móvel específico, utilizando reagentes grau analítico durante todo experimento.

Após secagem à temperatura ambiente, as placas foram visualizadas sob a luz ultravioleta, reveladas com os agentes cromogênicos específicos (Quadro 4) e fotografadas. As bandas obtidas foram analisadas de acordo com o fator de retenção (R_f).

Quadro 4. Metabólitos, sistemas de eluição, padrão, reveladores e referências bibliográficas utilizadas para a abordagem fitoquímica de *P. aculeata*

Metabólitos	Sistema de eluição	Padrões	Reveladores	Referências
Flavonoides	AcOEt: Ácido Acético: Ácido Fórmico: Água 100:11:11:27	Quercetina	NEU + UV	Neu, 1956 Markhan, 1982
Derivados Cinâmicos	AcOEt: Ácido Acético: Ácido Fórmico: Água 100:11:11:27	Ácido Cafeíco	NEU + UV	Neu, 1946 Wagner, Blatt, 1996
Taninos hidrolisáveis	AcOEt: Ácido Acético: Ácido Fórmico: Água 100:11:11:27	Ácido gálico	NEU + UV	Stiasny, 1912

Fonte: Oliveira, 2021.

3.6.3.3 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

A análise por CLAE-DAD foi realizada utilizando um cromatógrafo líquido de alta eficiência da Shimadzu Prominence LC-20AT, com um detector de arranjo de diodo (SPDM20), injetor automático SIL-20AC, forno CTO-20A e degaseificador DGU-20A5. A separação cromatográfica foi feita com uma coluna Luna C-18 (250 mm x 4,6 mm x 5 µm, Phenomenex). As condições do sistema estão representadas na tabela 1.

Tabela 1. Condições analíticas para os extratos de *P. aculeata*

Coluna HPLC	C18 (250 mm x 4,6 mm)
Fases Móveis	Fase móvel A: H ₂ O: ácido fórmico (99:1, Solvente A)
Fluxo	1,0 mL/min.
Gradiente	0-15min: 40-50% B; 15-18min: 50- 100% B; 18-20min: 100-40% B.
Temperatura	40 °C
Deteção	254nm e 230nm
Volume de injeção	10 µL

Fonte: Franco, 2016

Foram utilizadas 7 amostras: extrato seco de *P. aculeata* liofilizado, seco em estufa de ar circulante, e cinco amostras do planejamento fatorial em *spray dryer* (7, 4, 9, 14 e 19). Para a filtração das amostras, foram utilizados filtros de nylon (Allcrom) 0,45 μm . Todos os solventes utilizados foram grau HPLC.

3.6.4 Análise térmica

Para os ensaios de Termogravimetria dos extratos obtidos, foi utilizada uma termobalança, (Shimadzu[®]), modelo DTA-60. As condições operacionais para obtenção das curvas TG foram: razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, atmosfera de nitrogênio ultrapuro ($50\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$) e um intervalo de temperatura entre 25°C e 600°C . Cada amostra teve uma massa pesada em torno de $5,00\pm 0,1\text{ mg}$, em cadinhos de alumina abertos. A calibração do equipamento foi realizada na razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, utilizando como padrão o oxalato de cálcio.

As curvas termogravimétricas (TG) foram analisadas utilizando o software TA 60[®], e os gráficos foram gerados com o auxílio do software Origin[®] (Gomes, 2019).

3.6.5 Adsorção de dessorção de nitrogênio pelo método Brunauer-Emmett-Teller (BET)

As isotermas de adsorção de nitrogênio foram realizadas a -190°C , sob uma ampla faixa de pressão relativa (p/p_0) de 0,010 a 0,995, com um analisador de adsorção volumétrica ASAP 2420 (Micromeritics). Antes das medições, as amostras foram gaseadas por duas horas, em temperatura ambiente. A área superficial específica de cada amostra foi calculada pelo referido método. O diâmetro do poro e a distribuição do tamanho do poro foram calculados, a partir do ramo de absorção da isoterma correspondente, usando o método de Barret-Joyner-Halenda (BJH) (Barrett *et al.*, 1951).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DO MATERIAL VEGETAL

Droga vegetal refere-se à planta medicinal ou suas partes que possuem os compostos responsáveis pela ação terapêutica. Após serem colhidas, essas plantas passam por processos de estabilização, quando necessário, e secagem. Podem ser apresentadas de forma íntegra, fragmentada, triturada ou pulverizada (Brasil, 2014a).

Ao dar início a uma pesquisa envolvendo uma droga vegetal, seja como matéria-prima ou como ativo na preparação de um produto, é crucial assegurar sua qualidade para garantir a segurança e eficácia. Para certificar que o produto ou insumo tenha a confiabilidade necessária para o uso, é essencial estabelecer critérios rigorosos de qualidade, especialmente para os insumos de origem vegetal. Isso se deve à complexidade da composição da matriz vegetal, bem como às variações associadas à identificação, condições de cultivo, coleta, transporte, fornecimento e armazenamento. É válido ressaltar que esses fatores apresentam desafios específicos que não são comuns aos materiais ativos constituídos por uma única substância. A definição de critérios de qualidade abrangentes é fundamental para mitigar esses desafios e garantir a segurança e eficácia dos produtos finais (Barni *et al.*, 2009; Bezerra, 2021; Soares e Farias, 2017).

A avaliação da qualidade das drogas vegetais envolve uma série de ensaios preconizados por Farmacopeias e outros códigos oficiais. Dentre esses ensaios estão os ensaios de identificação, que verificam a autenticidade da droga vegetal; ensaios de pureza, que detectam a presença de contaminantes e impurezas; ensaios quantitativos, que medem a concentração dos componentes ativos; e ensaios farmacológicos e toxicológicos (Brasil, 2019).

Para este estudo, foram coletadas 4.050 g de partes aéreas de *Parkinsonia aculeata*. Após secagem, a perda de água foi de 28,4%. O processo de cominuição do material apresentou um rendimento de 62,10%, onde ao final do processamento foi obtido 1,0801 g de matéria-prima bruta pulverizada. Portanto, obteve-se um rendimento de aproximadamente 44,46% da planta seca pulverizada em relação à planta fresca.

As principais características organolépticas da droga vegetal incluem uma coloração esverdeada, com aspecto de pó grosso ou intermediário e odor característico da matéria prima vegetal (Figura 6).

Figura 6. Droga vegetal de *P. aculeata*



Fonte: Autor, 2024.

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA VEGETAL

4.2.1 Determinação de Matéria Estranha

Essa etapa é fundamental para identificar e eliminar materiais externos à planta, assegurando que as drogas estejam livres de adulterantes e contaminantes, tais como insetos, impurezas internas (partes da própria planta diferentes da padronizada) e externas (outras espécies vegetais adulterantes, areia, pedras, entre outros). Em uma amostra de 500 g de partes aéreas de *P. aculeata*, foram encontrados 3,1 g de matéria estranha, ou seja 0,62% de matéria estranha, estando de acordo com o limite preconizado pela Farmacopeia Brasileira, 6ª edição, que é de no máximo 2% p/p (Brasil, 2019). Dessa forma, confirma-se que o material está praticamente livre de resíduos contaminantes, que possam interferir na qualidade do produto final.

4.2.2 Determinação cinzas totais

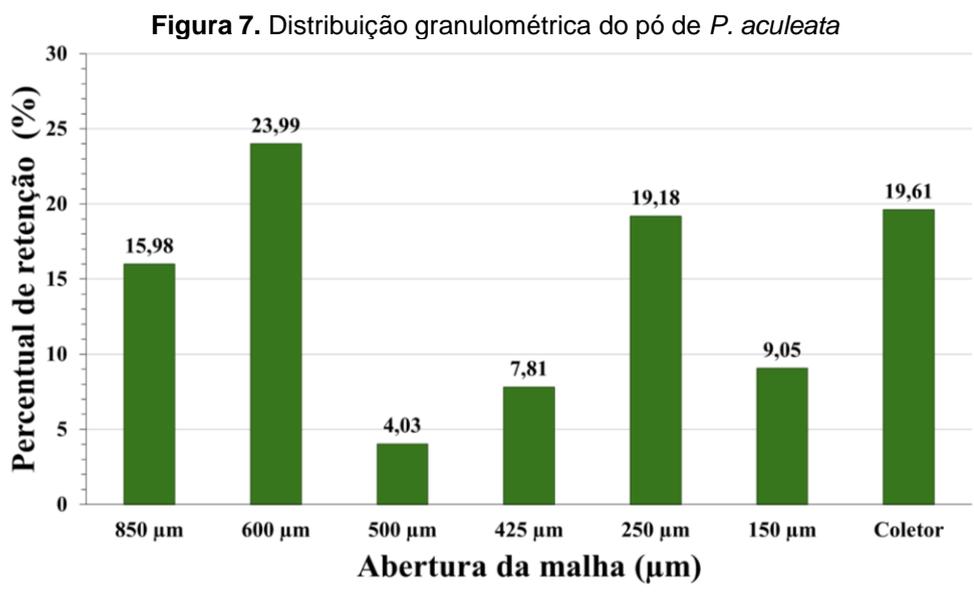
De acordo com a Sociedade Brasileira de Farmacognosia (SBFgnosia), a análise das cinzas totais tem como objetivo determinar a proporção dos componentes de natureza inorgânica, como carbonatos, cloretos e óxidos de silício, ferro e alumínio, por exemplo, que são inerentes ao material vegetal e são substâncias consideradas não voláteis. Além desses componentes intrínsecos, as cinzas totais podem conter substâncias não fisiológicas, como areia, pedra, e terra que estejam aderidas à superfície do material vegetal (Brasil, 2019; Lima, 2019; Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

O conteúdo de cinzas totais identificado no estudo pode indicar tanto a quantidade de minerais presentes na planta, quanto a existência de impurezas inorgânicas não voláteis que podem contaminar o material vegetal (Silva *et al.*, 2020). No entanto, não foram encontrados dados referentes a esta análise em monografias farmacopeicas sobre *P. aculeata*.

O valor encontrado nos experimentos foi de 4,70% \pm 0,14, um valor elevado, quando comparado com um estudo de Rosa (2000), realizado com as sementes de *P. aculeata*, coletadas no município de Itapipoca, Ceará – Brasil, que foi de 2,63%. Essa diferença pode ter como resposta a parte da planta utilizada, a região e a estação do ano que foi realizada a coleta do material vegetal. Contudo, ambos apresentam-se dentro do intervalo aceitável nas monografias de drogas vegetais descritas na Farmacopeia Brasileira (Volume II), onde a porcentagem de cinzas totais aceita deve ser até 14% (Brasil, 2019; Macêdo *et al.*, 2020).

4.2.3 Determinação granulométrica

Neste experimento com a droga vegetal derivada de *P. aculeata*, foi possível analisar tanto a distribuição, quanto o tamanho médio das partículas da matéria-prima vegetal. A Figura 7 apresenta os resultados das porcentagens de material vegetal retido em cada tamis utilizado.

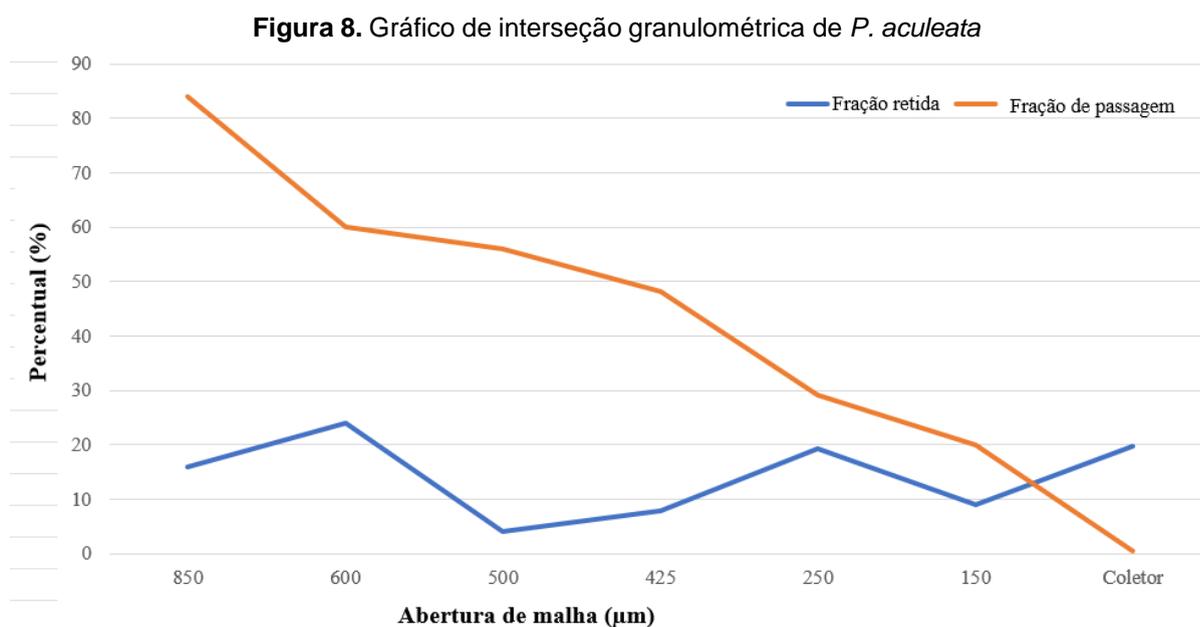


Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Foi observado que as partículas do pó de *P. aculeata* ficaram retidas, na sua grande maioria, entre o tamis de abertura de 600 µm e o coletor, ou seja, representando 83,67% de retenção de partículas. De acordo com a análise granulométrica, a Farmacopeia Brasileira (2019) classifica o pó como grosso quando todas as partículas passam por um tamis com abertura nominal de malha de 1,70 mm, e no máximo 40% passam por um tamis de 355 µm. No entanto, o pó utilizado neste estudo não se enquadra em nenhuma das classificações mencionadas pela Farmacopeia Brasileira. Por outro lado, a Farmacopeia Americana (USP, 2023) considera como grosso o pó em que 50% ou mais das partículas se encontram entre 355 µm e 1000 µm. Com base nesses critérios, o pó empregado neste trabalho pode ser classificado como grosso, conforme os parâmetros estabelecidos pela Farmacopeia Americana.

No estudo de caracterização da droga vegetal de *P. aculeata*, realizado por Barros e colaboradores (2023), a porcentagem granulométrica encontrada de sua matéria-prima vegetal foi de 82% de pó retido entre as malhas de 250 µm e 850 µm, estando aproximadamente 65% do material retido entre as malhas de 355 µm e 1000 µm, utilizando moinho de facas com abertura intermediária. Esse resultado contribui para a reafirmação da classificação da droga vegetal de *P. aculeata* como grosso (Lima, 2019).

Além disso, com base no gráfico que mostra a interseção das curvas de retenção e passagem da droga vegetal de *P. aculeata* (Figura 8), foi determinado que o tamanho médio das partículas é de 0,145 μm .



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

De modo geral, o perfil granulométrico de drogas vegetais é fundamental para determinar a qualidade e eficácia do produto final. O tamanho das partículas pode influenciar diretamente a solubilidade, a taxa de liberação dos insumos farmacêuticos ativos e, conseqüentemente, a biodisponibilidade dos compostos bioativos no organismo. Ademais, o perfil granulométrico é importante para garantir a uniformidade na produção de medicamentos fitoterápicos, uma vez que variações no tamanho das partículas podem afetar a dose e a estabilidade do produto. Portanto, a análise granulométrica é uma etapa essencial no controle de qualidade e na padronização de drogas vegetais (Lemos, 2015).

4.2.4 Determinação de umidade

A determinação do teor de água em drogas vegetais é um parâmetro fundamental para identificar a quantidade de água residual no material vegetal, uma vez que sua presença excessiva na droga vegetal expressa suscetibilidade à contaminação microbológica, contaminação por insetos e alterações físico-químicas,

como os processos de hidrólise e atividade enzimática de seus componentes. Sendo um parâmetro essencial para assegurar a qualidade, segurança e conservação das drogas vegetais utilizadas na produção de medicamentos (Costa, 2009; Gois *et al.*, 2022).

Para estabelecer o limite de umidade, deve-se seguir as diretrizes determinadas em monografias da espécie vegetal em estudo. Porém, para *P. aculeata* não há valores específicos acerca do percentual aceitável de umidade. A média do valor obtido da perda por dessecação de *P. aculeata* foi de 12,03% \pm 0,1562 e apresenta-se de acordo com a Farmacopéia Brasileira 6ª edição, na qual este valor pode variar de 8 a 14%. O resultado obtido difere do encontrado por Barros (2023) que foi de 7% de água residual em uma amostra coletada na região do Xingó, Sergipe - Brasil. É importante frisar que diferenças significativas em estudos de mesmas espécies presentes na literatura possivelmente estão relacionadas a questões sazonais e ao local de coleta do material vegetal, uma vez que podem diferir na distribuição de água e seiva (Lima, 2019).

4.2.5 Índice de intumescência

O índice de intumescência em drogas vegetais mede a capacidade de absorção de água da matéria-prima. Este parâmetro é crucial para avaliar a qualidade das drogas vegetais, pois influencia a formação de mucilagens e géis, podendo afetar a eficácia terapêutica e a estabilidade do produto final. O índice de intumescência de *P. aculeata* foi de 0,967 \pm 0,0471 (Figura 9), o que sugere um índice de intumescimento baixo, segundo a Farmacopeia Brasileira (Brasil, 2019).

De modo geral, valores elevados indicam uma maior capacidade da droga vegetal de absorver água, o que é desejável para muitas aplicações terapêuticas. Dessa forma, um valor próximo a 1 como o apresentado, sugere que a droga vegetal tem uma capacidade limitada de intumescência, o que pode indicar menor eficácia em formar géis e mucilagens (Frasson, 2003).

Por outro lado, a presença de mucilagens pode indicar propriedades emolientes, facilitando a produção de xaropes com efeitos expectorantes e demulcentes (Silva, 2022).

Figura 9. Determinação do índice de intumescência de *P. aculeata*



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.2.6 Análise térmica

A termogravimetria fornece informações sobre a composição, a estabilidade térmica da amostra, dos resíduos formados e dos produtos intermediários. De acordo com Denari (2013), além das características intrínsecas da amostra, como granulometria, solubilidade dos gases envolvidos, natureza, tamanho e calor de reação, quantidade, empacotamento e condutividade térmica; as propriedades termoanalíticas das substâncias também são influenciadas por fatores instrumentais, como a atmosfera utilizada na análise, a taxa de aquecimento e a sensibilidade da balança (Silva, 2021).

A curva termogravimétrica da droga vegetal de *P. aculeata* está representada na figura 10 e os dados relacionados aos eventos térmicos ocorridos durante a análise, demonstrados na Tabela 1.

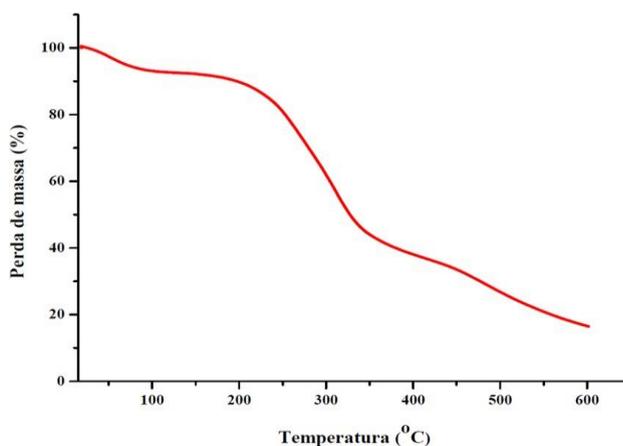
A curva termogravimétrica de *P. aculeata*, indica que a droga vegetal é termicamente estável até a temperatura de 52,76°C.

O evento de deterioração térmica é caracterizado por três etapas consecutivas (tabela 1). O primeiro decaimento registrado ocorreu entre 52,76°C e 77,40°C, sendo esta faixa de temperatura correspondente à perda de umidade da droga vegetal. O

segundo evento ocorreu entre 141,77°C e 252,34°C, caracterizado como um evento exotérmico, com uma perda de aproximadamente 21,60% de massa da amostra. Já a terceira etapa de degradação, no entanto, deu-se entre 278,89°C e 338,63°C. Nesta faixa, foi possível observar a maior perda de massa da amostra, equivalente a 26,12%, podendo ser decorrente de uma decomposição de compostos orgânicos presentes na amostra. Dessa forma, o segundo e o terceiro evento, podem estar relacionados com a perda de massa dos metabólitos secundários do material vegetal (Silva, 2021).

Portanto, embora a perda de massa comece a ocorrer a partir de 141,77°C, é necessário realizar estudos cromatográficos para determinar se essa perda inicial está associada aos metabólitos secundários, responsáveis pela atividade farmacológica de interesse.

Figura 10. Curva de TG da droga vegetal



Legenda: Curvas TG - curvas termogravimétricas.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Tabela 1. Eventos térmicos ocorridos na droga vegetal

Amostra	Eventos	Intervalo de temperatura (°C)	Perda de massa (%)	Massa residual
Droga vegetal	1°	56,76-77,40	7,188	45,097
	2°	141,77-252,34	21,596	
	3°	278,89-338,63	26,119	

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

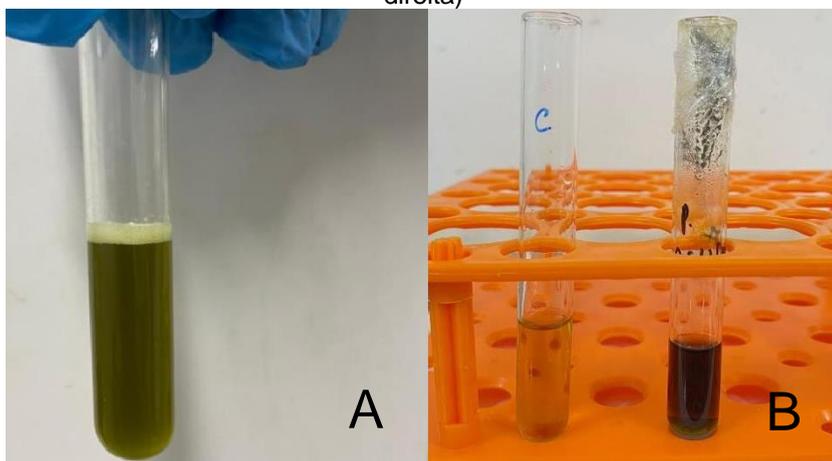
4.2.7 Prospecção fitoquímica

4.2.7.1 Pesquisa de flavonoides

4.2.7.1.1 Reação de Shinoda e Reação de Pew

A droga vegetal de *P. aculeata* apresentou um resultado positivo na reação de Pew, indicando a presença de compostos fenólicos. Contudo, a reação de Shinoda foi negativa, o que pode sugerir uma concentração de flavonoides abaixo do limite de detecção do teste (Figura 11). Conforme Cazarolli *et al.* (2009), os flavonoides presentes em *P. aculeata* apresentam efeitos benéficos no controle do diabetes, contribuindo para a melhora da tolerância à glicose, do perfil lipídico e, da biossíntese de glicogênio, além de favorecer a captação de insulina e sua sinalização.

Figura 11. Reação de Shinoda (A), na figura B está o controle (tubo à esquerda) e o teste (tubo à direita)



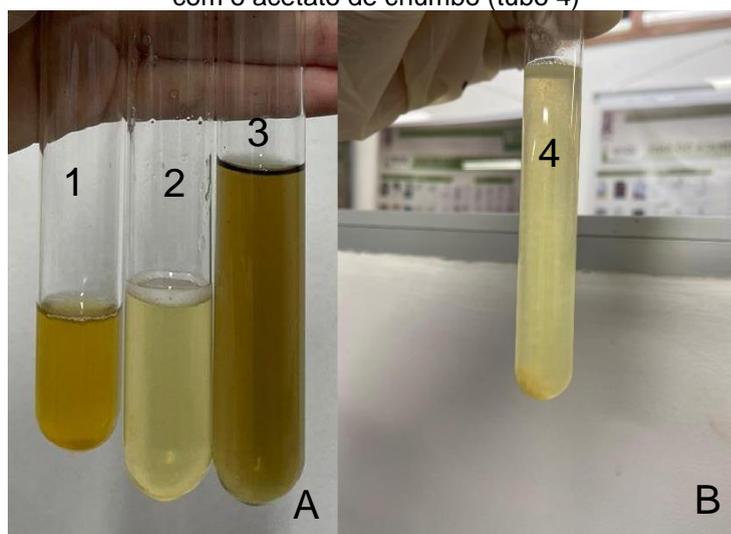
Fonte: Dados da pesquisa, 2024

4.2.7.2 Pesquisa de taninos

As aplicações terapêuticas dos taninos estão associadas a três principais propriedades desses metabólitos: a capacidade de complexar com íons metálicos, a ação antioxidante e sequestradora de radicais livres, além da habilidade de formar complexos com macromoléculas, como proteínas e polissacarídeos. Os taninos são usados como anti-inflamatórios antissépticos (Santos, 2012).

A identificação de taninos na droga vegetal de *P. aculeata* foi realizada por meio de três reações distintas. A primeira, utilizando gelatina, resultou em uma precipitação muito leve, sugerindo a presença de taninos, mas em baixa concentração. A segunda reação com cloreto férrico apresentou uma coloração azulada, indicando a presença de taninos hidrolisáveis, que reagem com o ferro para formar complexos coloridos. Finalmente, a reação com acetato de chumbo também foi positiva, confirmando a presença de taninos, uma vez que este reagente forma precipitados com esses compostos. Esses resultados indicam que a planta contém taninos, com predominância de taninos hidrolisáveis (Figura 12) (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

Figura 12. (1) Controle; (2) teste de gelatina; (3) reação com o cloreto férrico; na figura B, a reação com o acetato de chumbo (tubo 4)



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.2.7.3 Pesquisa de antraquinonas livres (Reação de Borntrager direta)

A pesquisa de antraquinonas livres em *P. aculeata*, realizada por meio da reação de Borntrager direta, apresentou resultado negativo, pois não ocorreu mudança na coloração (Figura 13). As antraquinonas livres são utilizadas terapeuticamente como laxantes e catárticos, pois atuam irritando o intestino grosso, aumentando a motilidade intestinal e, conseqüentemente, reduzindo a reabsorção de água (Camacho *et al.*, 2000).

Figura 13. Reação de Borntrager para *P. aculeata*.

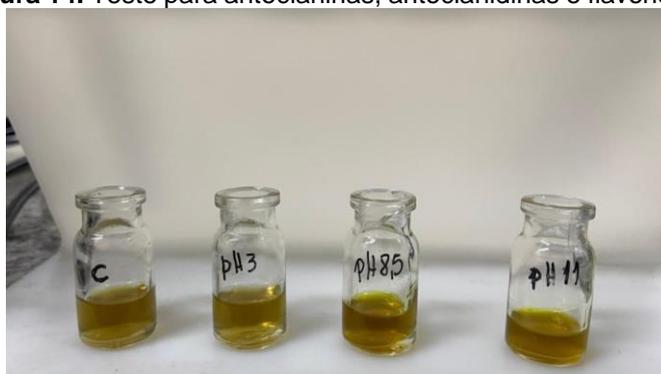


Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.2.7.4 Teste para antocianinas, antocianidinas e flavonoides

O teste para antocianinas, antocianidinas e flavonoides apresentou resultado negativo nas três condições de pH (ácido, neutro e alcalino). Esse resultado sugere que os compostos dessas classes, se presentes, estão em concentrações muito baixas ou não estão presentes no extrato da amostra de *P. aculeata*. Além disso, a ausência de alteração na coloração nas diferentes condições de pH reforça a ausência desses compostos específicos (Figura 14). Isso pode influenciar diretamente na caracterização química e nas atividades farmacológicas esperadas da droga vegetal, já que esses compostos são conhecidos por suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e de proteção contra o estresse oxidativo.

Figura 14. Teste para antocianinas, antocianidinas e flavonoides



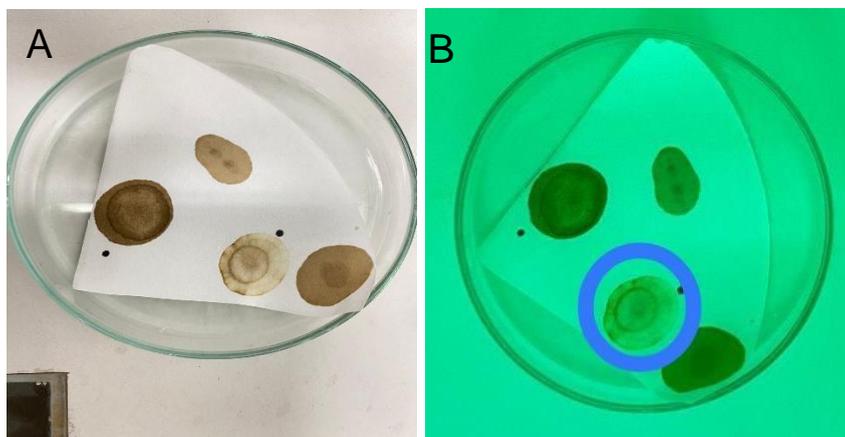
Fonte: Dados da pesquisa, 2024

4.2.7.5 Cumarinas

As cumarinas são heterosídeos conhecidos por suas diversas propriedades bioativas, incluindo efeitos anti-inflamatórios, anticoagulantes e antimicrobianos. Esses compostos também são utilizados em perfumes e como aditivos alimentares devido ao seu aroma agradável. Cumarinas puras apresentam fluorescência natural, mas em meio alcalino, elas podem formar ácido cis-o-hidroxicinâmico. Sob radiação ultravioleta, este ácido pode se converter em seu isômero trans, que também é fluorescente, emitindo geralmente luz azul, e alguns derivados podem fluorescer até mesmo sob luz natural (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2019).

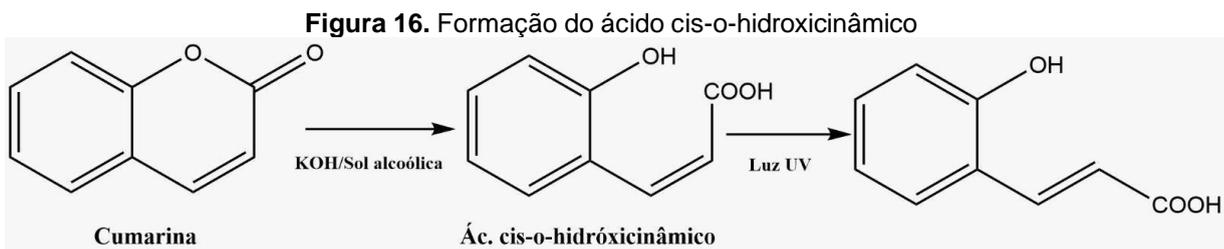
A presença de cumarinas no extrato de *P. aculeata* foi detectada através da extração do sublimado formado pelo aquecimento da cumarina. Para identificação, utilizou-se uma solução reveladora de KOH, pois as cumarinas geralmente aparecem como manchas azuis ou verdes sob luz UV de 365nm, com intensificação da coloração na presença de uma base devido à abertura do anel lactônico. O papel de filtro tratado com solução de hidróxido de potássio revelou uma coloração azul esverdeada evidente (Figura 15), confirmando a presença de cumarina na amostra.

Figura 15. Teste de Cumarinas (A – Controle B – Reação em luz UV)



Fonte: Dados da pesquisa, 2024

Em meio alcalino, as cumarinas formam ácido cis-o-hidroxicinâmico que, sob ação de radiação ultravioleta, origina o isômero trans (Figura 16), responsável pela fluorescência e pela coloração azul esverdeada observada.



Fonte: Autor, 2024.

4.2.8.6 Saponinas

As saponinas são compostos químicos encontrados em diversas plantas, conhecidos por suas propriedades surfactantes, que lhes permitem formar espuma em soluções aquosas. Estas substâncias possuem uma parte lipofílica conhecida como aglicona ou sapogenina, e uma parte hidrofílica composta por um ou mais açúcares que desempenham um papel significativo tanto na defesa das plantas contra patógenos, quanto na interação com outros organismos (Freitas, 2023).

Ao aplicar a técnica de índice de espuma, foi obtido um resultado qualitativo, demonstrado na tabela abaixo.

Tabela 2: Índice de espuma para cada tubo de ensaio.

Tubos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espuma	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Legenda: (+) presença de espuma; (-) ausência de espuma.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

Em todas as diluições da amostra de *P. aculeata* observa-se a presença de espuma (Figura 17). Portanto, de acordo com a Farmacopeia, é recomendada uma espuma de no mínimo 1 cm de altura, após o repouso de 15 minutos. Para as amostras desde estudo, foi possível observar espuma em todos os tubos, porém, a altura da espuma de todos os tubos foi inferior a 1 cm, indicando que o índice de espuma é menor do que 100 para as diluições de *P. aculeata*.

Figura 17. Teste de presença de saponinas em *P. aculeata*.



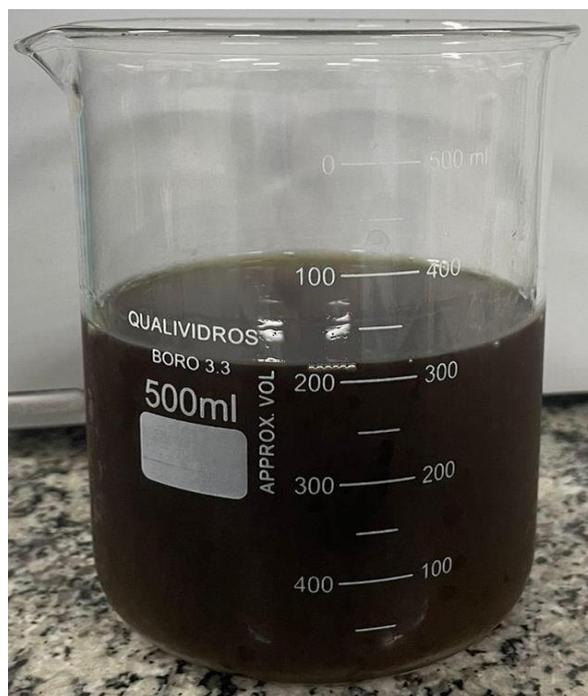
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.3 OBTENÇÃO DO EXTRATO HIDROALCÓOLICO

O extrato fluido é produzido através da extração de uma substância vegetal com um líquido apropriado. Geralmente, a proporção entre a parte do extrato e a parte da droga vegetal seca utilizada na preparação é equilibrada, seja em massa ou volume. É crucial que essas soluções atendam a especificações rigorosas em relação ao teor de marcadores e ao resíduo seco. Quando se trata de extratos padronizados, a proporção entre a substância vegetal e o extrato pode ser ajustada conforme necessário, para alcançar os níveis desejados de constituintes ativos. Essas medidas garantem a qualidade e eficácia dos produtos farmacêuticos derivados de extratos vegetais (Brasil, 2019).

O extrato hidroalcoólico à base de *P. aculeata*, obtido por maceração, possui coloração marrom e odor característico da espécie (Figura 18). Após extração apresentou um rendimento em torno de 82%.

Figura 18. Extrato hidroalcólico das partes aéreas de *P. aculeata*.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EXTRATO HIDROALCÓOLICO

4.4.1 Determinação de resíduo seco

O resultado encontrado para a determinação de resíduo seco no extrato de *P. aculeata* foi $1,71\% \pm 0,02\%$, ou seja 1,71 g de sólidos solúveis para cada 100 mL de solução extrativa. Dessa forma, pode-se afirmar que a presença de sólidos totais no extrato hidroalcólico é baixa, o que pode resultar em baixo rendimento na etapa de secagem. No caso da preparação de extratos secos, este parâmetro é empregado também para o cálculo das concentrações de adjuvantes a serem empregados na etapa de secagem do extrato (Castro 2018; Lima, 2019; Tomasi, 2021).

É válido salientar que existe uma variedade de elementos que afetam o teor do resíduo seco de soluções extrativas, como o método de extração utilizado, incluindo a seleção da parte da planta, sua origem, o nível de processamento, o tamanho das partículas, o tipo de solvente, a duração da extração, a temperatura, a polaridade e a concentração do solvente (Oliveira, 2016).

4.4.2 Determinação do pH da solução extrativa

O pH foi obtido pela média de seis determinações (Figura 19), de acordo com as diretrizes da Farmacopeia Brasileira 6ª edição (Brasil, 2019), resultando em um valor de $6 \pm 0,14$, considerado de natureza ácida apesar de se encontrar próximo da neutralidade.

Esse pH, ligeiramente ácido e próximo ao pH fisiológico da pele (aproximadamente 5,5), sugere que o extrato pode ser adequado para formulações tópicas, com baixo risco de causar irritações cutâneas ou em mucosas. Além disso, pode favorecer a estabilidade de compostos sensíveis à oxidação, como flavonoides e outros metabólitos secundários, indicando maior viabilidade para o desenvolvimento de formulações orais. Por fim, esse pH próximo à neutralidade também pode exigir cuidados com conservantes, já que pode facilitar o crescimento microbiano, ressaltando a importância de testes adicionais de preservação e estabilidade para garantir a viabilidade comercial do extrato (Sweta *et. al.*, 2019)

Figura 19. Determinação de pH do extrato hidroalcoólico



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.4.3 Determinação de densidade relativa

A média da densidade relativa do extrato hidroalcoólico de *P. aculeata* obtida, utilizando a temperatura de 20°C, foi de $0,9273 \pm 0,03$ g/mL, um pouco abaixo da densidade da água destilada, o que era previsto, pois o etanol é um dos solventes

utilizados na extração. Corroborando com Barros (2023), onde o valor da densidade relativa para o extrato hidroalcolólico de *P. aculeata* foi 0,9 g/mL.

4.5 OBTENÇÃO DE EXTRATO SECO VEGETAL

4.5.1 Obtenção do extrato seco por spray dryer

Foram obtidas 20 amostras através do planejamento experimental realizado e foi visto que, todas as amostras de extratos secos por atomização de *P. aculeata* apresentam-se como um pó marrom claro, muito leve e fino (Figura 20).

Figura 20. Extrato seco de partes aéreas de *P. aculeata* obtido por atomização.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Os detalhes do planejamento experimental realizado e os rendimentos obtidos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Detalhes do Planejamento Experimental e Rendimentos Obtidos dos extratos de *P. aculeata*

Amostras	Temperatura <i>in</i> (°C)	Concentração aerosil (%)	Fluxo de ar (mL/min)	Massa obtida por experimento (g)	Rendimento (%)	Observações	Temperatura <i>out</i> (C°)
1	170	10	6	2,79	29,66	POUCO RESÍDUO ACUMULADO NO CICLONE	113
2	160	10	6	2,41	25,62	POUCO RESÍDUO ACUMULADO NO CICLONE	105
3	165	10	6	2,02	21,47	POUCO RESÍDUO ACUMULADO NO CICLONE	109
4	160	20	6	1,74	16,95	SEM RESIDUO	103
5	170	20	6	2,12	20,66	SEM RESIDUO	112
6	165	20	6	2,17	20,24	SEM RESIDUO	107
7	160	10	9	1,79	19,03	ACUMULO DE RESIDUO CONSIDERADO NO CICLONE	99
8	165	10	9	1,47	15,62	ACUMULO DE RESIDUO CONSIDERADO NO CICLONE	98
9	170	10	9	2,05	21,79	ACUMULO DE RESIDUO CONSIDERADO NO CICLONE	100
10	170	20	9	2,44	23,78	MUITO POUCO ACUMULADO DE RESÍDUO	118
11	160	20	9	2,46	23,97	MUITO POUCO ACUMULADO DE RESÍDUO	117
12	165	20	9	2,5	24,36	MUITO POUCO ACUMULADO DE RESÍDUO	116

Continuação da tabela 3. Detalhes do Planejamento Experimental e Rendimentos Obtidos dos extratos de *P. aculeata*

13	150	20	6	1,7879	17,42	ACUMULO DE RESIDUO CONSIDERADO NA TORRE	116
14	150	10	6	1,08	11,48	MUITO ACUMULO NA TORRE	110
15	150	20	9	0,4954	12,071	POUCO RESÍDUO ACUMULADO NO CICLONE E NA TORRE	89
16	150	10	9	0,7	18,607	POUCO RESIDUO ACULUMADO NO CICLONE E NA TORRE	90
17	155	20	9	0,6309	18,44	POUCO RESIDUO ACULUMADO NO CICLONE E NA TORRE	92
18	155	20	6	0,93	22,66	POUCO RESIDUO ACUMULADO NO CICLONE E NA TORRE	102
19	155	10	9	0,58	10,6	POUCO RESIDUO ACUMULADO NO CICLONE E NA TORRE	88
20	155	10	6	0,65	11,87	POUCO RESIDUO ACUMULADO NO CICLONE E NA TORRE	98

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.5.2 Obtenção do extrato seco por liofilização

O extrato seco de *P. aculeata* apresentou-se visivelmente como um pó marrom (Figura 21).

Figura 21. Extrato seco de partes áreas de *P. aculeata* obtido por liofilização.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.5.3 Obtenção do extrato seco em estufa de ar circulante

O extrato seco de *P. aculeata* apresentou-se visivelmente como um pó marrom, levemente brilhoso, fino e pouco denso (Figura 22).

Figura 22. Extrato seco de partes áreas de *P. aculeata* obtido em estufa de circulação



Fonte: Dados da pesquisa, 2024

4.6 CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS SECOS

4.6.1 Determinação de umidade residual (Perda por dessecação)

Conforme a tabela 4, observou-se um aumento significativo na umidade residual após o armazenamento para todos os extratos secos analisados, indicando que esses produtos possuem alta higroscopicidade. A perda de umidade que excede o valor de referência de 5% estabelecido pela Farmacopeia para amostras de extrato seco vegetal pode ser atribuída a várias variáveis associadas ao processo de secagem e armazenamento. Condições de umidade relativa elevada ou temperaturas inadequadas, durante o armazenamento, podem ter contribuído para uma perda adicional de umidade. A interação do extrato com o ambiente pode levar a uma desidratação mais acentuada, ultrapassando o limite especificado. Além disso, variações nas condições de processamento, como temperatura, tempo de secagem e eficiência do equipamento, podem ter comprometido a integridade do extrato seco, resultando em uma secagem ineficiente e perda excessiva de umidade (Fernandes, 2013).

No que diz respeito à estabilidade física, alguns extratos secos apresentaram mudanças significativas em suas características macroscópicas, como alteração na coloração e aglomeração das partículas. As amostras 1, 13, 16, 19 e 20 mostraram a formação do fenômeno conhecido como *caking* (empacotamento), diretamente associado à perda de fluidez e à formação de aglomerados indesejados. A severidade do *caking* é influenciada pela combinação de fatores físicos que promovem novas interações entre as partículas, aumentando a coesão e resultando na formação de blocos sólidos (Calvert *et al.*, 2013). Além disso, a diversidade natural dos vegetais pode causar variações nas propriedades de secagem e na capacidade de retenção de umidade, levando a amostras que não atendem estritamente aos critérios da farmacopeia. Nesses casos, é essencial considerar ajustes nos parâmetros de secagem ou revisar os métodos de armazenamento para garantir que as amostras de *P. aculeata* atendam aos padrões regulatórios e possibilitar o desenvolvimento de futuras formulações.

Tabela 4. Determinação de umidade dos extratos secos de *P. aculeata*

AMOSTRA	RESULTADO (%)
ESTUFA	10,42
LIOFILIZADO	8,22
1 (<i>Spray dryer</i>)	8,04
2 (<i>Spray dryer</i>)	8,82
3 (<i>Spray dryer</i>)	8,23
4 (<i>Spray dryer</i>)	7,36
5 (<i>Spray dryer</i>)	6,68
6 (<i>Spray dryer</i>)	7,31
7 (<i>Spray dryer</i>)	11,48
8 (<i>Spray dryer</i>)	12,46
9 (<i>Spray dryer</i>)	11,59
10 (<i>Spray dryer</i>)	6,69
11 (<i>Spray dryer</i>)	6,73
12 (<i>Spray dryer</i>)	10,24
13 (<i>Spray dryer</i>)	8,92
14 (<i>Spray dryer</i>)	8,47
15 (<i>Spray dryer</i>)	-
16 (<i>Spray dryer</i>)	8,82
17 (<i>Spray dryer</i>)	7,68
18 (<i>Spray dryer</i>)	7,68
19 (<i>Spray dryer</i>)	-
20 (<i>Spray dryer</i>)	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.6.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

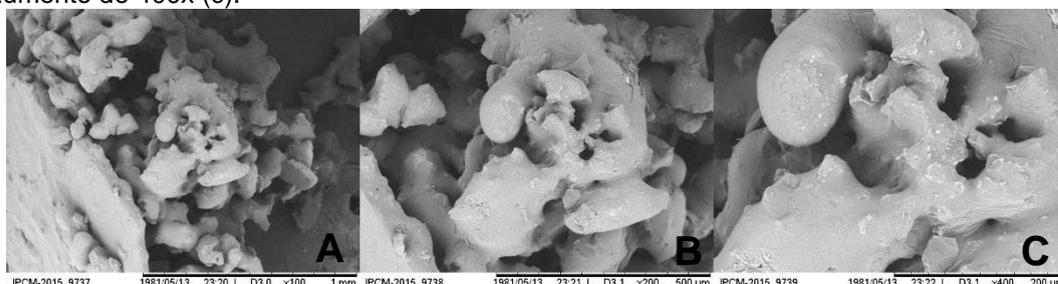
A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) fornece informações detalhadas sobre a morfologia e a microestrutura das amostras, permitindo a observação de características superficiais que não são visíveis em técnicas convencionais de microscopia. Essas análises são essenciais para entender a distribuição dos componentes, a uniformidade das partículas e a presença de possíveis imperfeições ou contaminações na superfície dos materiais testados. No contexto deste trabalho, esta metodologia foi utilizada para caracterizar os extratos secos e identificar a influência das diferentes técnicas de secagem na estrutura final do material (Dedavid, Gomes e Machado, 2007).

Na figura 23, estão representadas as fotomicrografias das partículas do extrato

seco de *P. aculeata*, obtido em estufa de ar circulante nos aumentos de 100x, 200x e 400x.

As partículas do extrato têm morfologia indefinida e bastante irregular, apresentando características pastosas, com tamanhos e formatos variados. Foram observados aglomerados contínuos e irregulares, com superfície aparentemente lisa. No entanto, uma área plana é visível quando observada com aumento de 100x.

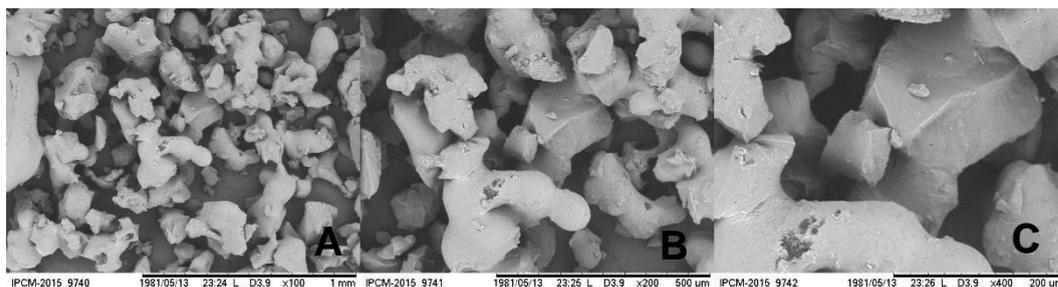
Figura 23. Fotomicrografias do extrato seco em estufa de circulação de *P. aculeata*. Barras de escala nas figuras equivalem a 1mm, com aumento de 100x (a), 500 µm, com aumento de 200x (b) e 200 µm, com aumento de 400x (c).



Legenda: (A) 100x; (B) 200x; (C) 400x
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Na Figura 24, estão representadas as fotomicrografias das partículas do extrato seco liofilizado de *P. aculeata*. Assim como o extrato seco em estufa de ar circulante, a amostra liofilizada apresenta morfologia bem irregular e indefinida, com partículas de tamanhos e formatos variados. Foram observados vários aglomerados separados, em contraste com a amostra da estufa, que exibiu aglomerados contínuos. A maioria das partículas possui um formato levemente arredondado na superfície, com aparente ausência de porosidade. Além disso, é possível visualizar algumas partículas com superfície plana. Silva (2018) justifica que essa irregularidade nas formas pode ser atribuída aos espaços anteriormente ocupados pelo gelo durante o processo, que desapareceram após a secagem.

Figura 24. Fotomicrografias do extrato seco por liofilização de *P. aculeata*. Barras de escala nas figuras equivalem a 1mm, com aumento de 100x (a), 500 µm, com aumento de 200x (b) e 200 µm, com aumento de 400x (c).

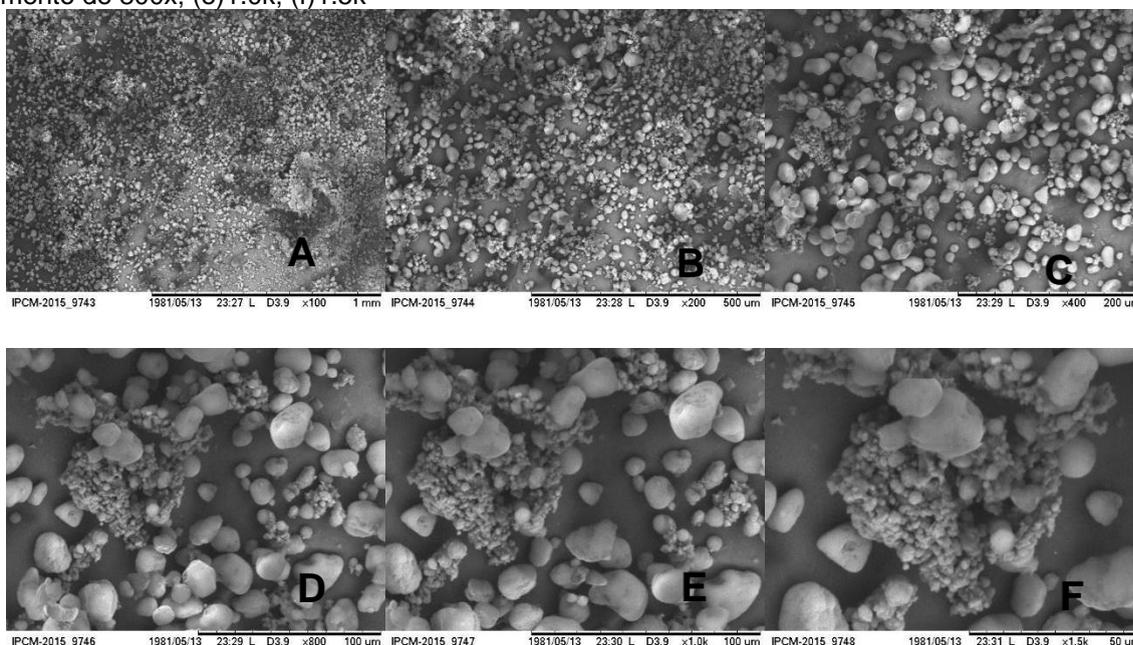


Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

As Figuras 25, 26, 27, 28 e 29 apresentam fotomicrografias dos extratos secos por *spray dryer* de *P. aculeata*. As partículas exibem o perfil típico de produtos pulverizados, com formas esféricas e ovaladas variadas em tamanho e aglomeradas, de acordo com o adjuvante de secagem utilizado, e superfície lisa.

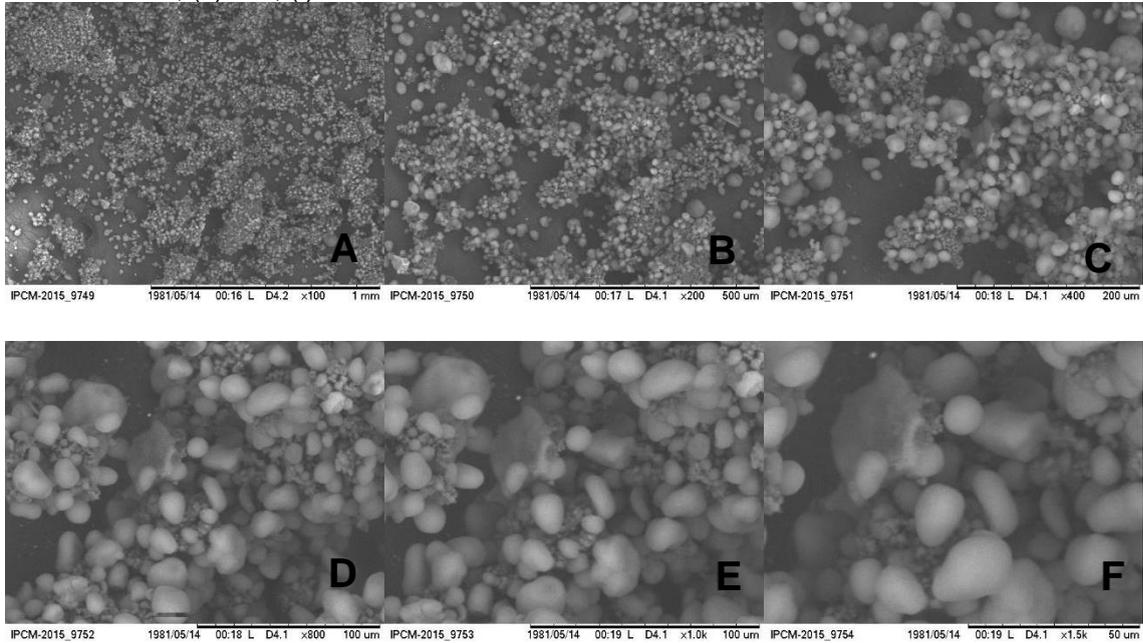
Em um estudo realizado por Tonon *et al.* (2008), é mencionado que, quando a temperatura do ar de entrada é mais baixa, a maioria das partículas tende a apresentar uma superfície enrugada. Com o aumento da temperatura de secagem, há uma formação maior de partículas com superfície lisa, uma vez que temperaturas mais elevadas provocam uma evaporação mais rápida da água e resultam na formação de uma crosta lisa e dura.

Figura 25. Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Dryer* nas condições de secagem 160 °C e 9mL/min. (a) Aumento de 100x; (b) Aumento de 200x; (c) Aumento de 400x; (d) Aumento de 800x; (e)1.0k; (f)1.5k



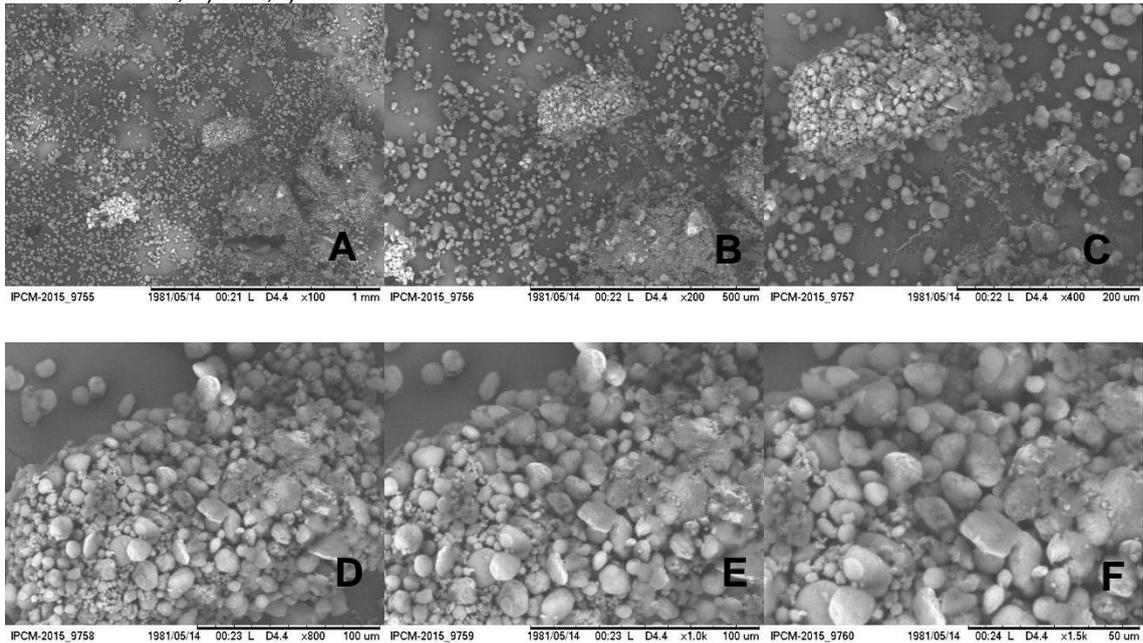
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Figura 26. Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Dryer* nas condições de secagem 165 °C e 9mL/min. (a) Aumento de 100x; (b) Aumento de 200x; (c) Aumento de 400x; (d) Aumento de 800x; (e)1.0k; (f)1.5k



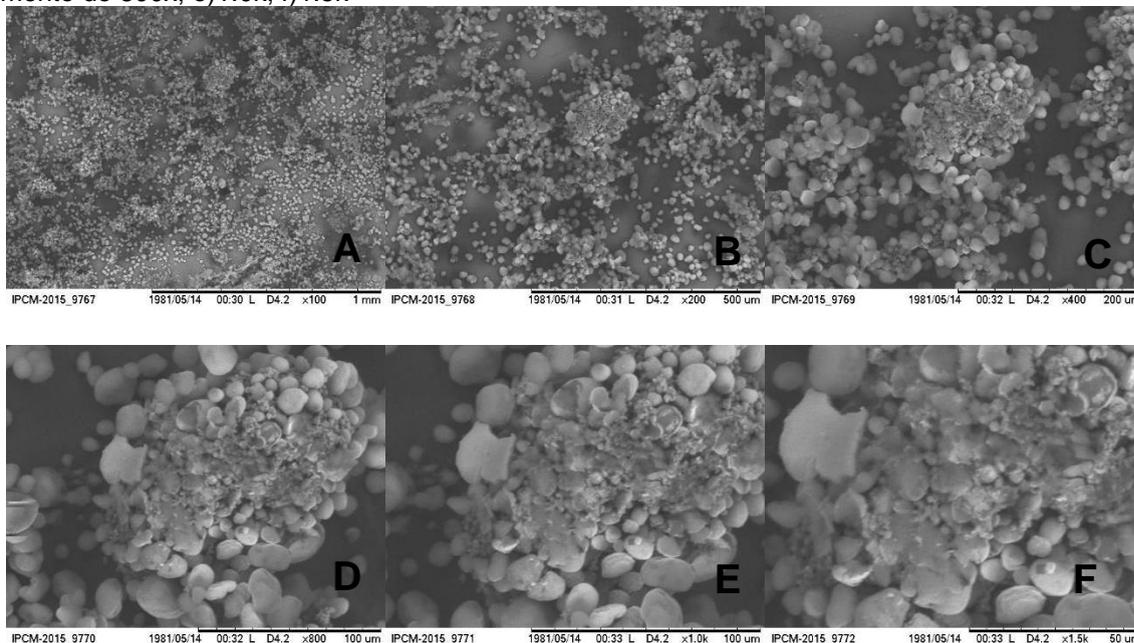
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Figura 27. Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Dryer* nas condições de secagem 170 °C e 9mL/min. a) Aumento de 100x; b) Aumento de 200x; c) Aumento de 400x; d) Aumento de 800x; e)1.0k; f)1.5k.



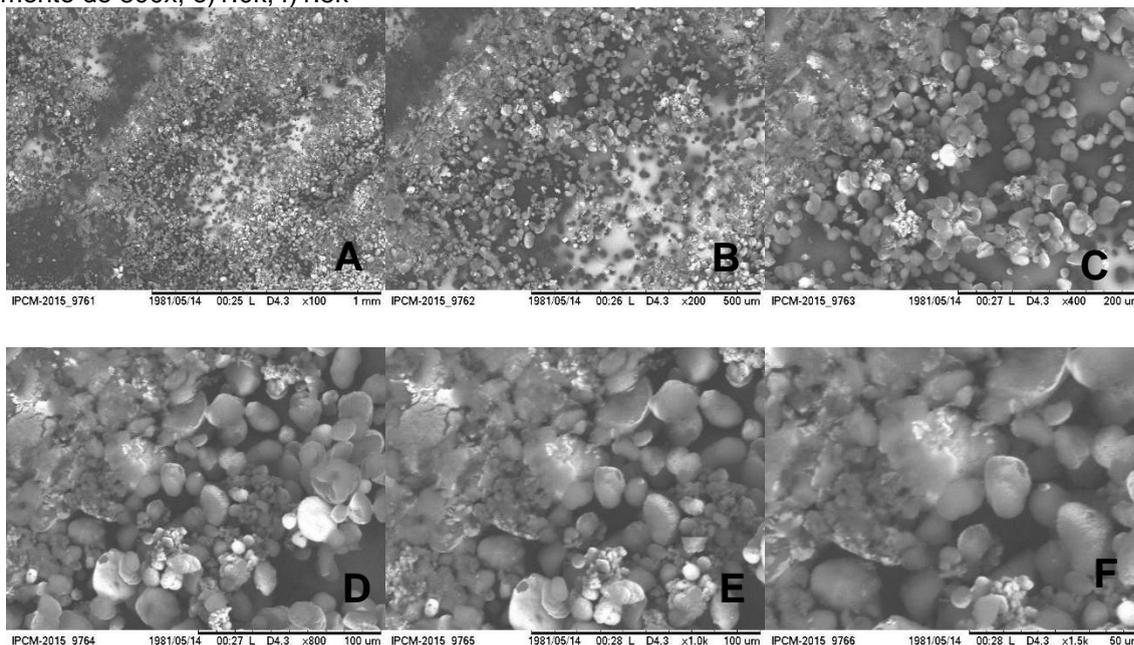
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Figura 28. Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Drying* nas condições de secagem 150 °C e 6mL/min. a) Aumento de 100x; b) Aumento de 200x; c) Aumento de 400x; d) Aumento de 800x; e)1.0k; f)1.5k



Legenda: (A) 100 x; (B) 200 x; (C) 400 x; (D) 800 x; (E) 1,0k x; (F) 1,5k x
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Figura 29. Fotomicrografias do extrato seco de *P. aculeata* obtido em *Spray Drying* nas condições de secagem 155 °C e 9mL/min. a) Aumento de 100x; b) Aumento de 200x; c) Aumento de 400x; d) Aumento de 800x; e)1.0k; f)1.5k



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Dessa forma, observa-se que as partículas do extrato seco, tanto em estufa de ar circulante quanto liofilizado, apresentam tamanhos variados e formas irregulares,

contrastando com as partículas arredondadas típicas do processo de secagem em *spray dryer*. Isso confirma a importância do método de secagem nas características morfológicas das partículas resultantes.

Além disso, segundo Beltrán e colaboradores (2005), as diferenças morfológicas entre pós obtidos a diferentes temperaturas podem estar relacionadas às características físicas da crosta formada. Esta pode ser flexível e colapsada quando se utilizam temperaturas baixas a intermediárias, ou rígida e porosa quando se empregam temperaturas mais elevadas. Portanto, a variação no processo de secagem não só altera a forma das partículas, mas também influencia as propriedades da crosta, evidenciando a complexidade dos fatores envolvidos na obtenção de pós com características desejadas.

4.6.3 Prospecção fitoquímica

Neste estudo, a prospecção fitoquímica dos extratos secos foi realizada por meio de Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). A CCD é uma técnica amplamente utilizada para a separação e identificação de flavonoides e outros metabólitos secundários, permitindo a observação de padrões de migração dos compostos e fornecendo uma visão detalhada da composição química do extrato.

Complementarmente, foram realizados testes colorimétricos, métodos sensíveis especificamente para a detecção de flavonoides, baseados na reação desses compostos com reagentes específicos que resultam em mudanças de cor.

Já a CLAE foi empregada para uma análise mais detalhada e quantitativa dos extratos, proporcionando uma abordagem abrangente para a identificação dos compostos e a compreensão do perfil fitoquímico dos extratos secos. A combinação dessas técnicas contribui para uma avaliação mais completa do potencial farmacológico e das propriedades benéficas de *P. aculeata*.

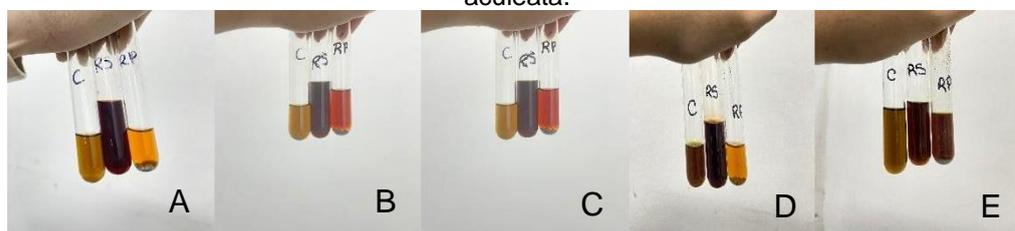
4.6.3.1 Pesquisa de flavonoides

Os resultados obtidos com a reação de Shinoda indicam uma forte presença de flavonoides nas amostras de *P. aculeata*. Esta reação, que utiliza ácido clorídrico

e um agente redutor para formar complexos coloridos com flavonoides, mostrou uma coloração intensa em todas as amostras testadas. A mudança de cor, que variou de rosa claro a vermelho intenso, confirmou a presença desses compostos bioativos. O resultado uniforme entre as amostras sugere que a concentração de flavonoides é consistente, reforçando a hipótese de que *P. aculeata* é uma fonte rica desses compostos.

Na reação de Pew, que envolve a utilização de reagentes específicos para detectar flavonoides através da formação de um complexo colorido, as amostras de *P. aculeata* também apresentaram resultados positivos. O desenvolvimento de colorações características nas amostras reforça a presença dos flavonoides. A precisão desta reação na detecção desses compostos é evidenciada pela uniformidade dos resultados, corroborando os achados da reação de Shinoda. Ambos os testes mostram que *P. aculeata* contém flavonoides em quantidades que são detectáveis por métodos colorimétricos, destacando a eficácia dessas reações como ferramentas analíticas. A concordância entre os resultados das duas reações aumenta a robustez das conclusões sobre o perfil de flavonoides das amostras testadas (Figura 30).

Figura 30: Reação de Shinoda e Pew para identificação de flavonoides nos extratos secos de *P. aculeata*.



Legenda: **A:** extrato seco liofilizado; **B:** extrato seco em estufa; **C:** extrato seco por *spray dryer* (150°C, 10% aerosil); **D:** extrato seco por *spray dryer* (160°, 10% aerosil) e **E:** extrato seco por *spray* (170°C e 10% aerosil).

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Embora as reações de Shinoda e Pew forneçam evidências qualitativas robustas da presença de flavonoides nas amostras de *P. aculeata*, é importante reconhecer que esses testes não quantificam a concentração desses compostos. A natureza qualitativa dos testes indica apenas a presença ou ausência de flavonoides e, em alguns casos, a intensidade de sua presença. Para obter uma compreensão mais completa do perfil de flavonoide das amostras, é essencial complementar essas análises qualitativas com métodos quantitativos, como espectrofotometria ou

cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Tais técnicas permitem a quantificação precisa dos flavonoides e oferecem uma visão mais detalhada sobre a concentração e a variação desses compostos em diferentes amostras. A integração de análises qualitativas e quantitativas fortalece a análise e contribui para uma avaliação mais abrangente da qualidade e do potencial de flavonoides presentes nas partes aéreas de *P. aculeata*.

4.6.3.2 Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

No Quadro 5, estão apresentados os resultados da prospecção fitoquímica dos extratos secos e da droga vegetal de *P. aculeata* por CCD. A pesquisa abrangeu flavonoides, taninos hidrolisáveis e derivados cinâmicos, com resultado positivo apenas para flavonoides. Observa-se também que os resultados são consistentes com aqueles da droga vegetal, indicando que todos os flavonoides presentes na matéria-prima vegetal permanecem nos extratos secos. Portanto, pode-se concluir que nenhum dos métodos de secagem utilizados exerceu influência negativa sobre os compostos fitoquímicos analisados.

Quadro 5. Análise fitoquímica da droga vegetal e extratos secos de *Parkinsonia aculeata* por CCD.

Metabólitos	Droga vegetal de <i>P. aculeata</i>	Extratos secos de <i>P. aculeata</i> (Spray dryer)	Extrato seco de <i>P. aculeata</i> (Liofilizado)	Extrato seco de <i>P. aculeata</i> (Estufa de circulação)
Flavonoides	+	+	+	+
Taninos hidrolisáveis	-	-	-	-
Derivados cinâmicos	-	-	-	-

Legenda: (+) positivo; (-) negativo.

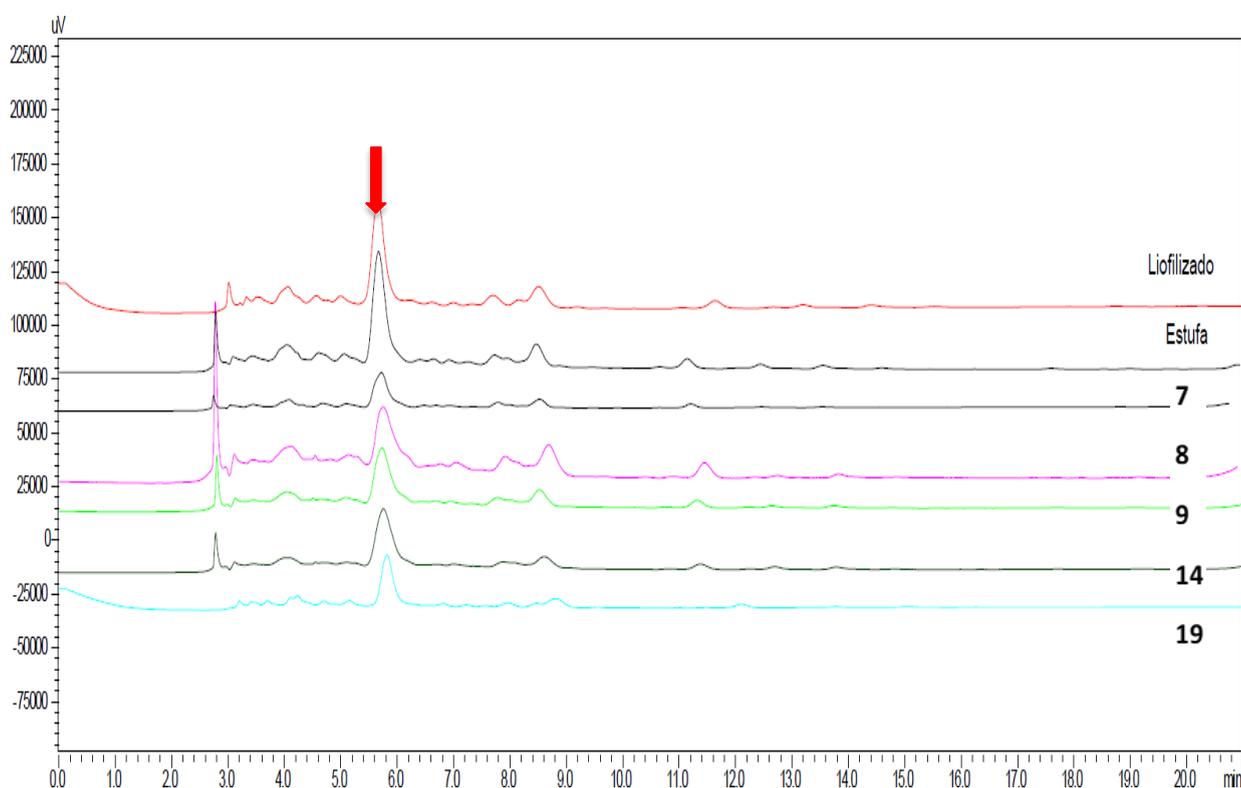
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

4.6.3.3 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

Na análise realizada, foi possível identificar a luteolina (sinal 6), um flavonoide amplamente estudado por suas propriedades antioxidantes, antidepressiva,

antialérgicas, cardioprotetora, anti-inflamatórias, anti-Alzheimer e potencial atividade antidiabética (Borges, 2018, Xu *et al.*, 2014). Foram utilizadas 7 amostras de extratos secos de *P. aculeata* (liofilizado, seco em estufa de ar circulante e as amostras 7, 8, 9, 14 e 19 do planejamento em *spray dryer* para analisar a influência das temperaturas de secagem). Conseguiu-se observar na Figura 31 que o perfil cromatográfico dos sete extratos é bem parecido com uma intensidade maior do sinal 6, sendo mais expressivo no extrato liofilizado.

Figura 31: Perfil cromatográfico de extratos secos de *P. aculeata*



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Alguns estudos destacam a atividade antidiabética da luteolina e sua capacidade de reduzir a resistência insulínica. Em um estudo conduzido por Carvalho (2021), foram observados potenciais efeitos de compostos fenólicos como alternativas antidiabéticas. O estudo explorou a inibição de α -amilase e α -glicosidase por antocianina, elagitanino, luteolina, ácido rosmarínico e quercetina, além do aumento da secreção de insulina promovido pela luteolina. A inibição dessas enzimas envolvidas na digestão de carboidratos e no metabolismo da glicose é uma estratégia eficaz para reduzir os níveis de glicose no sangue após as refeições (Carvalho, 2021).

Já Xu e colaboradores (2014) investigaram o efeito protetor da luteolina em camundongos machos C57BL/6, analisando seu impacto em condições metabólicas como diabetes tipo 2 e aterosclerose. Os animais foram submetidos a uma dieta com baixo teor de gordura (HFD) e a uma dieta rica em gordura (HFD), com adição de 0,002% e 0,01% de luteolina durante 12 semanas. Os resultados mostraram que as dietas HFD contendo 0,002% e 0,01% de luteolina resultaram em uma redução na intolerância e na sensibilidade à glicose.

Em 2016, Kawser Hossain e colaboradores, relataram que a luteolina aumentou a secreção de insulina em células β pancreáticas afetadas pelo ácido úrico, revertendo a redução do fator de transcrição ativador do gene da insulina (MaFA). Esse efeito foi mediado por vias de sinalização envolvendo NF- κ B e a síntese de óxido nítrico (iNOS-NO). Ademais, no quadro 6, estão descritos alguns estudos que evidenciaram o potencial da luteolina.

Quadro 6: Ação da Luteolina no estudo da diabetes *mellitus*

Composto	Tipo de experimento	Dose	Tempo de Uso	Resultados	Referências
Luteolina	<i>In vitro</i>	Doses de 0.1 - 20 μ M	24h	\uparrow PPAR- γ , \uparrow sensibilidade a insulina	Domitrović <i>et al.</i> , 2019.
Luteolina + Crisina	<i>In vivo</i>	-	16 semanas	Estudos com ratos diabéticos induzidos por estreptozotocina (STZ) mostraram que, após 16 semanas, a crisina e a luteolina reduziram os níveis séricos de glicose, triglicerídeos, colesterol total e atenuaram a elevação da pressão arterial diastólica, sem afetar a hiperglicemia. Em adipócitos, a luteolina aumentou a síntese e ação da insulina, além de regular a expressão de genes alvo, como PPAR- γ , que promove a captação de insulina. A luteolina também diminuiu marcadores inflamatórios ligados à resistência à insulina e a sintomas do DM2.	Seino <i>et al.</i> , 2011; Kwon <i>et al.</i> , 2018.

Luteolina	<i>In vitro</i>	100 mg / kg de peso corpora	7 dias	As pomadas de luteolina melhoraram o processo de cicatrização de feridas no tecido e na pele de ratos diabéticas e não diabéticos. Os melhores resultados (97,6%, 96,1%, respectivamente) foram indicados com a concentração de 0,5% (p / p) por 14 dias.	Kuo <i>et al.</i> , 2011.
Controle (CD), controle + luteolina (CDL), rica em gordura (HFD) e rica em gordura + luteolina (HFDL), utilizando uma dose de 10 mg/kg de luteolina.	<i>In vivo</i>	10mg/kg de luteolina	4 semanas	Os resultados mostraram uma redução significativa nas citocinas plasmáticas e melhora no metabolismo da glicose nos grupos CDL e HFDL, além da recuperação dos níveis de adipocitocinas no sangue.	Liu <i>et al.</i> , 2014.
Luteolina	<i>In vivo e in vitro</i>			A luteolina ativa a via da eNOS e aumenta a atividade da SOD, apresentando um efeito pró-oxidante. Esse efeito estaria associado ao aumento da sensibilidade à insulina, mediado pela Akt2, que estimula a translocação do GLUT4 para a superfície celular, regulando a captação de insulina	Luo <i>et al.</i> , 2017.

A identificação da luteolina nos extratos analisados representa um passo fundamental, mas a quantificação dessa substância é igualmente crucial para avaliar seu real potencial terapêutico. Apenas a determinação precisa da concentração de luteolina, em diferentes amostras, permitirá correlacionar suas concentrações com as atividades biológicas observadas.

A quantificação é indispensável para garantir a padronização dos extratos e avaliar a viabilidade de seu uso em aplicações farmacológicas, especialmente considerando o potencial antidiabético, anti-inflamatório e antioxidante desse composto.

Portanto, a luteolina pode ser um indicativo de uma nova conduta terapêutica com efeitos benéficos, o que poderia ser esclarecido por ensaios clínicos com o objetivo de determinar sua eficácia e doses seguras. Assim, novos estudos que visem quantificar a luteolina serão essenciais para validar sua eficácia terapêutica nos extratos de *P. aculeata*.

4.6.4 Análise Térmica

A secagem de extratos vegetais é um processo crítico para garantir a preservação dos compostos bioativos e a integridade estrutural dos componentes presentes. Diferentes métodos de secagem podem impactar de forma significativa as características físico-químicas e térmicas dos extratos, influenciando sua estabilidade e qualidade final. No caso de *P. aculeata* uma planta conhecida por suas aplicações terapêuticas, a escolha do método de secagem afeta diretamente a composição dos extratos, refletindo em mudanças nos perfis térmicos e na massa residual. A avaliação dessas variações é fundamental para identificar o processo mais adequado, garantindo a conservação dos compostos de interesse e o desempenho ideal do produto final (Silva, 2021).

Os eventos térmicos identificados nos extratos secos obtidos por *spray dryer*, liofilização e estufa de ar circulante, mostram padrões distintos que refletem a influência dos métodos de secagem na composição dos extratos de *P. aculeata*. Dessa forma, os extratos secos em *spray dryer* apresentam um perfil de eventos térmicos relativamente consistente, com quatro eventos de perda de massa,

ocorrendo entre 18,13°C e 356°C (Figuras 32-36) (APÊNDICE B). O primeiro evento térmico, geralmente associado à perda de água adsorvida ou solventes voláteis, ocorre a temperaturas mais baixas. Os eventos subsequentes indicam a decomposição de componentes orgânicos e/ou inorgânicos, conforme a temperatura aumenta. As variações de temperaturas sugerem uma complexidade nas interações térmicas dos componentes, indicando que as amostras podem conter uma variedade de substâncias que se degradam ou se volatilizam em diferentes intervalos (Silva, 2022).

Já o extrato liofilizado mostra um perfil térmico com eventos mais espaçados e temperaturas de início e fim mais amplas. O primeiro evento térmico, que ocorre entre 30,01°C e 65,87°C, está associado à evaporação de água residual ou solventes voláteis. O segundo evento, que ocorre entre 139,91°C e 151,39°C, pode estar relacionado à decomposição de açúcares ou outros compostos orgânicos. O terceiro evento, de 242,62°C a 259,32°C, sugere a decomposição de componentes orgânicos mais complexos, como polissacarídeos ou proteínas, enquanto o último evento, entre 330,94°C e 350,68°C, pode representar a decomposição de substâncias inorgânicas ou a carbonização de resíduos orgânicos (Figura 37) (Silva, 2022). Esse perfil sugere uma maior estabilidade térmica dos componentes, possivelmente devido ao processo de secagem suave, que preserva melhor a integridade dos compostos voláteis e não voláteis.

De forma semelhante, a amostra obtida em estufa de circulação, exibe quatro eventos térmicos em intervalos de 40,24°C a 76,75°C, 144,98°C a 199,38°C, 234,40°C a 246,49°C, e 306,21°C a 341,64°C (Figura 37). O primeiro evento é associado à perda de água ou solventes voláteis, o segundo à degradação de compostos orgânicos, o terceiro à quebra de componentes orgânicos mais estáveis, e o último à decomposição de materiais inorgânicos ou carbonização. As temperaturas de início e fim dos eventos térmicos observados no extrato seco em estufa de ar circulante, são relativamente próximas às temperaturas observadas na liofilização, mas com uma faixa de massa residual significativamente menor. Isso pode indicar que a secagem prolongada a altas temperaturas pode ter causado a degradação ou volatilização de certos componentes, resultando em um perfil térmico menos complexo.

Vale ressaltar que a diferença nos perfis térmicos e na massa residual entre os métodos de secagem pode ser atribuída à forma como cada método afeta a estrutura

e a estabilidade dos extratos em estudo. Uma vez que a secagem por *spray dryer* utiliza altas temperaturas e fluxo de ar, o que parece manter mais componentes, sendo refletido em uma maior massa residual e perfil térmico mais amplo. A liofilização preserva melhor a estrutura dos componentes, enquanto a secagem em estufa pode levar a uma degradação mais significativa, evidenciada pela baixa massa residual e perfis térmicos mais condensados (Oliveira, 2013) Esses resultados sugerem que o método de secagem tem um impacto substancial na composição e propriedades dos extratos de *P. aculeata*. Portanto, a escolha do método de secagem deve ser otimizada com base nos requisitos específicos de cada aplicação, buscando equilibrar a preservação dos componentes ativos e a estabilidade térmica dos extratos (Silva, 2010).

Na Tabela 5 (Apêndice A), pode-se observar, de forma detalhada, todos os eventos térmicos ocorridos durante a análise dos extratos e a perda de massa das amostras de *P. aculeata*. Também é possível analisar as curvas TG dos extratos secos obtidos durante o estudo nas Figuras 32 a 37 (APÊNDICE B).

4.6.5 Adsorção de dessorção de nitrogênio pelo método Brunauer-Emmett-Teller (BET)

A análise de área superficial BET é amplamente utilizada para caracterizar materiais porosos, fornecendo informações sobre a área superficial específica e a distribuição de poros. Essa técnica é particularmente relevante em estudos de adsorção, já que permite avaliar a quantidade de superfície disponível para interações com gases, líquidos ou solutos. Através da isoterma de adsorção de nitrogênio, é possível identificar a presença de micro, meso e macroporos no material, auxiliando na compreensão de sua estrutura porosa e capacidade de adsorção (Brescia, 2022).

Assim, 5 amostras (7, 9, 19, extrato liofilizado e obtido em estufa) de *P. aculeata* foram analisadas, para avaliar suas características de porosidade e determinar como essas propriedades influenciam sua capacidade de adsorção e possível aplicação em processos de retenção e liberação de substâncias ativas. Os resultados da porosidade e área superficial das amostras estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados da porosidade e área superficial dos extratos secos de *P. aculeata*.

Amostra	Área Superficial (BET)	Volume do Poro	Tamanho do Poro Å
Amostra 7 (Spray dryer)	9,3565 m ² /g	0.028316 cm ³ /g	152.224
Amostra 9 (Spray dryer)	15,1477 m ² /g	0.186360 cm ³ /g	492.1147
Amostra (Spray dryer 19)	36,6813 m ² /g	0.467034 cm ³ /g	509.2895
Estufa	60,2532 m ² /g	0.706471 cm ³ /g	469.0018
Liofilizado	0.0150 m ² /g	0.000261 cm ³ /g	Não foi possível a identificação do poro.

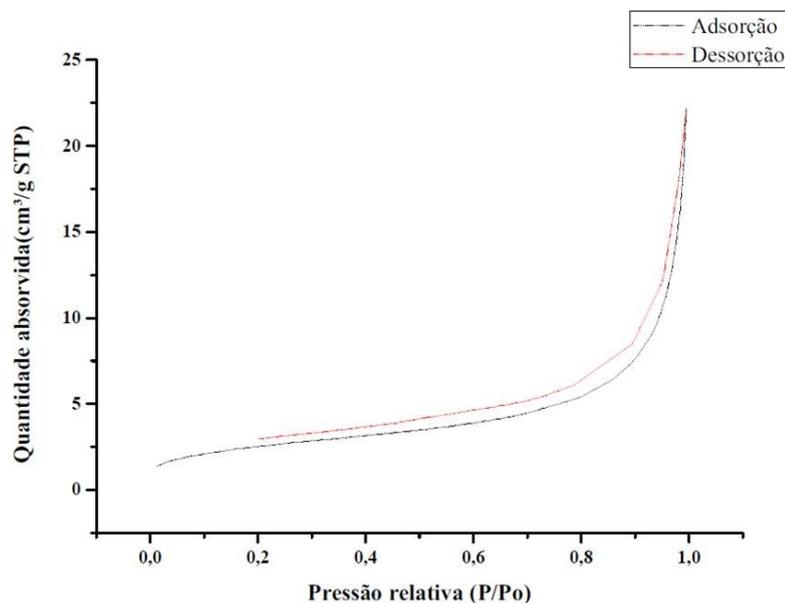
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A área superficial BET da amostra 7 foi de 9,3565 m²/g, considerada relativamente baixa. Esse valor sugere que o material apresenta poros maiores ou uma quantidade limitada de superfície interna disponível para adsorção, característico de materiais macroporosos ou com baixa porosidade.

Na Figura 38, observa-se um comportamento ascendente em ambos os gráficos à medida que a pressão relativa (P/P_0) aumenta, apresentando comportamento típico de materiais porosos. A quantidade de gás adsorvido e dessorvido cresce significativamente quando a pressão relativa se aproxima de 1, sugerindo a presença de mesoporos e macroporos. No gráfico de adsorção, a curva aumenta gradualmente até $P/P_0 = 0,8$, seguida de uma inclinação mais acentuada. Já no gráfico de dessorção, essa elevação é mais pronunciada em pressões mais altas, especialmente perto de $P/P_0 = 1,0$ (Brescia, 2022).

A histerese, evidenciada pela diferença entre as curvas de adsorção e dessorção, indica uma estrutura porosa complexa, predominantemente mesoporosa. Esse fenômeno reflete as diferenças na forma como o gás é retido e liberado nos poros. A adsorção ocorre de forma gradual em pressões mais baixas, enquanto a dessorção sugere uma liberação de gás menos uniforme, particularmente em pressões elevadas. Essa análise detalha a capacidade do material de reter fluidos, sendo crucial para a caracterização de suas propriedades de porosidade e adsorção (Brescia, 2022).

Figura 38: Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de *P. aculeata* (amostra 7)



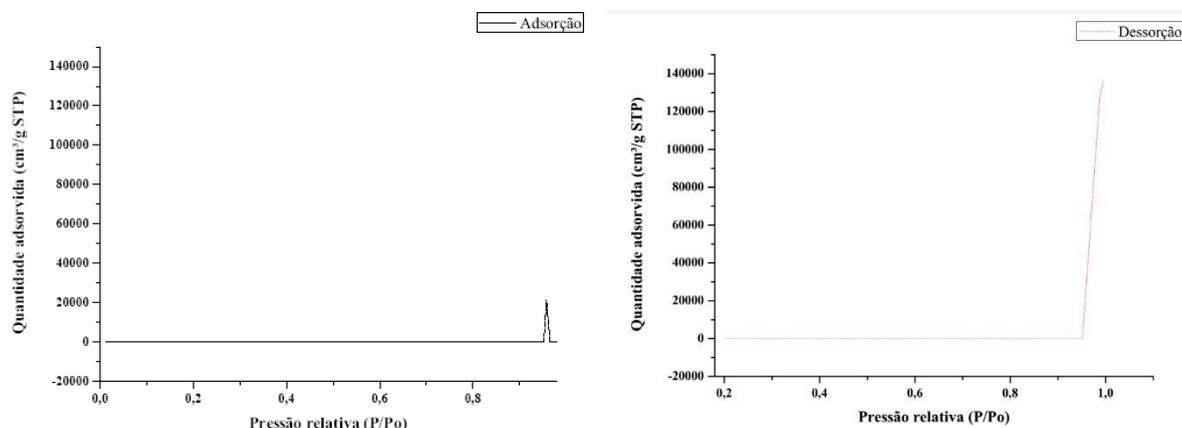
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Já o gráfico da Figura 39 revela que a amostra 9 provavelmente não apresenta microporos ou mesoporos, uma vez que a adsorção ocorre apenas em pressões muito altas. Esse comportamento isotérmico é característico de materiais não porosos ou com poros de grandes dimensões (macroporos), onde a adsorção se concentra principalmente em pressões relativas elevadas, com pouca ou nenhuma adsorção em pressões mais baixas.

A área BET de 15,1477 m²/g reforça a hipótese de que o material seja macroporoso ou possua principalmente superfície externa disponível para adsorção, explicando a concentração da adsorção em pressões próximas à saturação, quando os macroporos ou a superfície externa começam a ser preenchidos.

A ausência de um aumento significativo na quantidade adsorvida em pressões baixas confirma a escassez de microporos ou mesoporos, que normalmente apresentariam maior capacidade de adsorção em menores pressões. Além disso, o gráfico de dessorção (Figura 39) mostra uma subida acentuada em P/Po próximas de 1, indicando que a dessorção ocorre majoritariamente em poros maiores. O pequeno volume de gás adsorvido e dessorvido ao longo de todo o intervalo de P/Po corrobora a ideia de que a superfície disponível para interação com o gás é limitada, o que está de acordo com a área BET relativamente baixa de 15,1477 m²/g (Brescia, 2022).

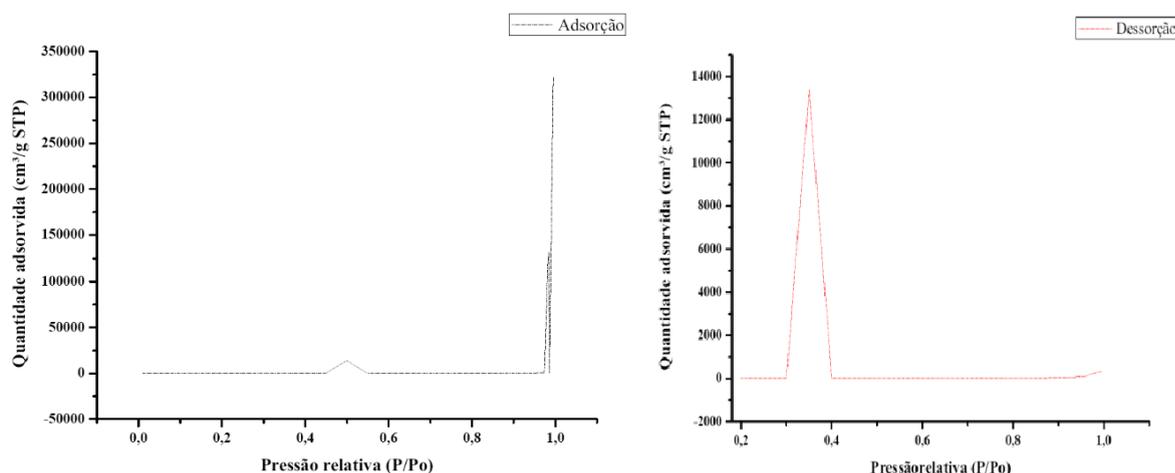
Figura 39: Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de *P. aculeata* (amostra 9)



Fonte: Dados da pesquisa, 2024

A amostra 19 apresentou uma área superficial BET de 36,6813 m²/g (Figura 40), evidenciando uma superfície relativamente extensa em comparação com as demais amostras. Esse valor sugere que o material possui uma quantidade significativa de área interna disponível para adsorção de moléculas de gás, o que pode indicar uma estrutura porosa, provavelmente mesoporosa. Essa maior área superficial é uma indicação da presença de uma maior quantidade de mesoporos, contribuindo para um aumento na interação do material com os gases adsorvidos.

Figura 40: Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de *P. aculeata* (amostra 19)



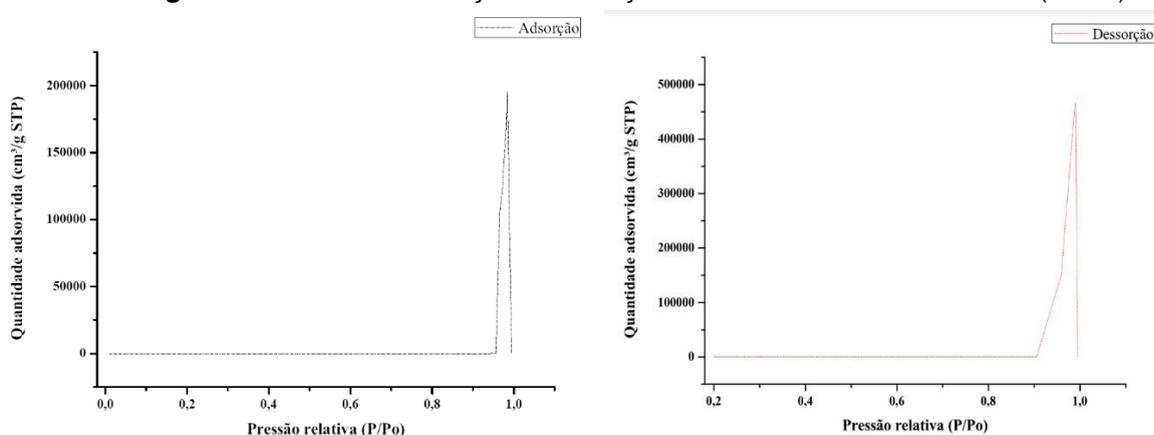
Fonte: Dados da pesquisa, 2024

É válido ressaltar que o adjuvante de secagem utilizado nas amostras 7, 9 e 19, o Aerosil®, é reconhecido como um material mesoporoso, com poros variando entre 20 e 500 Ångströms (Å). Essa faixa de porosidade é frequentemente associada

a uma alta área superficial, entre 100 e 400 m²/g, característica típica de materiais mesoporosos. Essas propriedades podem influenciar significativamente os resultados da análise.

No extrato seco obtido em estufa de ar circulante, a área superficial BET foi de 60,2532 m²/g, indicando uma estrutura altamente porosa e uma capacidade de adsorção superior em comparação com as amostras pulverizadas. A presença de uma área superficial elevada geralmente sugere uma maior densidade de mesoporos, o que permite uma dinâmica de adsorção mais eficiente. Além disso, a análise das isotermas de adsorção e dessorção revelam a presença de histerese, indicando que o material não só possui mesoporos, mas também um sistema de poros interconectados, o que favorece a difusão e a retenção de moléculas (Figura 41) (Brescia, 2022).

Figura 41: Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de *P. aculeata* (estufa)



Fonte: Dados da pesquisa, 2024

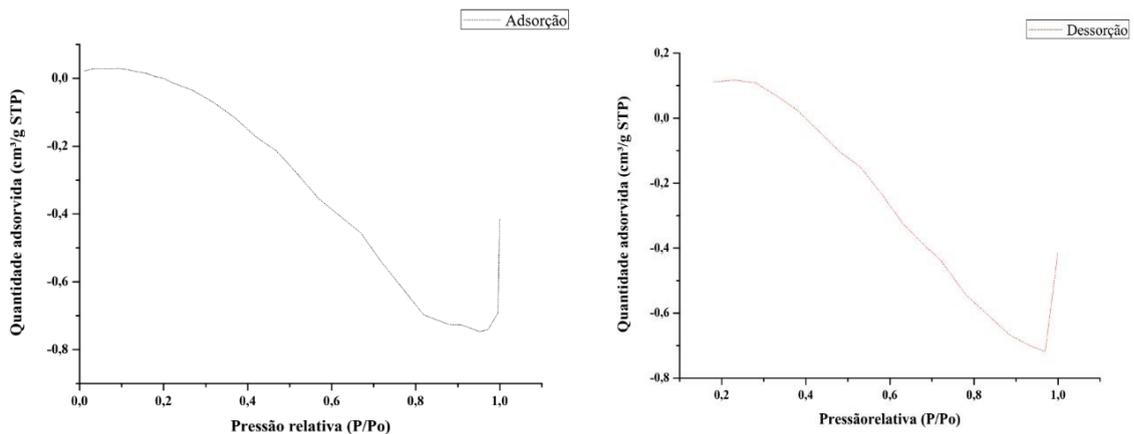
Quanto ao extrato liofilizado, uma área superficial BET de 0,0150 m²/g indica uma superfície muito pequena, sugerindo que o extrato liofilizado possui uma estrutura pouco porosa ou superfícies limitadas para adsorção de moléculas de gás. O gráfico de adsorção (Figura 42) mostra um aumento lento na quantidade de gás adsorvido à medida que a pressão relativa (P/Po) aumenta, típico de materiais com baixa porosidade, como indicado pela área BET. Esse comportamento inicial geralmente corresponde à adsorção em microporos ou superfícies externas, mas a baixa área BET sugere poucos locais disponíveis para adsorção.

A curva de dessorção (Figura 42) segue um caminho ligeiramente diferente,

resultando em uma histerese, o que indica a presença de mesoporos. Nesses poros maiores, o gás fica retido e é liberado mais lentamente durante a dessorção. Apesar da baixa área superficial, a histerese sugere a existência de mesoporos, mesmo que em quantidade limitada.

Portanto, a baixa área BET de 0,0150 m²/g confirma que o extrato liofilizado tem uma superfície pouco porosa, sendo a histerese um indicativo da presença de alguns poros maiores, embora em quantidade reduzida, o que reflete a estrutura porosa mínima do material.

Figura 42: Gráfico de adsorção e dessorção do extrato seco de *P. aculeata* (liofilizado)



Fonte: Dados da pesquisa, 2024

5 CONCLUSÃO

Considerando a escassez de informações farmacognósticas disponíveis sobre a droga vegetal e derivados de *Parkinsonia aculeata*, este estudo ofereceu uma contribuição significativa à comunidade científica, ao apresentar resultados inéditos sobre essa espécie.

No perfil fitoquímico da droga vegetal, os testes colorimétricos e a cromatografia em camada delgada permitiram identificar a presença de flavonoides, taninos (predominantemente taninos hidrolisáveis), saponinas e cumarinas.

Os extratos secos foram obtidos por três métodos de secagem: spray dryer, liofilização e estufa de ar circulante. Eles foram caracterizados pela determinação de umidade residual, onde foi visto a necessidade de otimização, microscopia eletrônica de varredura, análise da área superficial e do tamanho de poros das partículas, testes colorimétricos para identificação de flavonoides e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Através da CLAE, foi possível identificar luteolina em todos os extratos analisados, um composto amplamente estudado por suas propriedades farmacológicas, especialmente no tratamento de diabetes e resistência insulínica.

Os resultados obtidos foram essenciais para validar a qualidade e segurança da droga vegetal, mostrando que tanto o material vegetal quanto os extratos fluido e secos de *P. aculeata* atendem aos parâmetros de controle de qualidade físico-químicos estabelecidos pela Farmacopeia, garantindo sua adequação para o desenvolvimento de um produto fitoterápico. Entre os métodos avaliados, o extrato por liofilização apresentou as características mais adequadas, destacando-se como a melhor alternativa para a obtenção de um insumo vegetal de qualidade.

6 PERSPECTIVAS

Com a intenção de continuar o estudo com *Parkinsonia aculeata*, os seguintes tópicos futuros são sugeridos:

- Complementar a caracterização físico-química do extrato seco;
- Realizar a análise estatística do planejamento fatorial de secagem no *spray dryer*;
- Repetir teste de Umidade residual dos extratos secos;
- Quantificar o composto luteolina;
- Realização dos ensaios de atividade antioxidante dos extratos secos;
- Desenvolver formas farmacêuticas, como futuros tratamentos para o controle da diabetes

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R.F.; BAGATINI, F.; SIMÕES, C.M.O. Interações entre fármacos e medicamentos fitoterápicos à base de ginkgo ou ginseng. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.1, p.117-26, 2008.

ALLAMILLA-BELTRÁN, L.; CHANONA-PÉREZ, J. J.; JIMÉNEZ-APARICIO, A. R.; GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G. F. **Description of morphological changes of particles along spray drying.** *Journal of Food Engineering*, London, v. 67, p. 179-184, 2005.

ALVARENGA, C. F.; DE LIMA, K. M. N.; MOLLICA, L. R.; AZEREDO, L. O.; DE CARVALHO, C. **Uso de plantas medicinais para o tratamento de diabetes no Vale do Paraíba-SP.** *Revista Ciência e Saúde On-line*, v. 2, n. 2, p. 36-44, 2017.

ALI, M. S.; AHMED, F.; PERVEZ, M. K.; *et al.* Parkintin: A new flavanone with epoxy-isopentyl moiety from *Parkinsonia aculeata* Linn. (Caesalpinaceae). **Natural Product Research**, v. 19, p. 53–56, 2005.

ARAÚJO, T. G. D. O. *et al.* *Parkinsonia aculeata* (Caesalpinaceae) improves high-fat diet-induced insulin resistance in mice through the enhancement of insulin signaling and mitochondrial biogenesis. **Journal of Ethnopharmacology**, 2016. v. 183, p. 95– 102. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2016.02.048>>.

ARGENTEL-MARTÍNEZ, L.; PEÑUELAS-RUBIO, O.; HASANUZZAMAN, M. *et al.* **Actualizing the worldwide distribution and main uses of *Parkinsonia aculeata* L.** *Vegetos*. 2023.

ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE DIABETES. **Padrões de cuidados médicos em diabetes—2020 resumido para prestadores de cuidados primários.** *Clinical Diabetes*, v. 38, n. 1, p. 10-38, jan. 2020. DOI: 10.2337/cd20-as01. Disponível em: <https://doi.org/10.2337/cd20-as01>. Acesso em: [data de acesso, se conhecida].

AULTON, M. E. **Pharmaceutics: The Science of Dosage Form Design.** 2. ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2002. p. 388-390.

AWAD, O. *et al.* **Avaliação cromatográfica (LC-MS e GC-MS) e biológica (antiproliferativa) de uma planta naturalizada na Jordânia: *Parkinsonia aculeata* L.** *Revista de Medicina Herbal*, v. 39, n. 1, p. 100659, abr. 2023. DOI: 10.1016/j.hermed.2023.100659.

BARNI, S. T.; CECHINEL-FILHO, V.; COUTO, A. G. Caracterização química e tecnológica das folhas, caules e planta inteira da *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br., Convolvulaceae, como matéria-prima farmacêutica. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19, p. 865-870, 2009.

BARROS, A. C. da S. *et al.* **Caracterização da droga vegetal e solução extrativa obtida a partir de *Parkinsonia aculeata***. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, v. 1, p. 838-848, 2023. DOI: 10.34117/bjdv9n1-060. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/55990>. Acesso em: 05 set. 2024.

BARRETT, E. P.; JOYNER, L. G.; HALENDA, P. P. **The determination of pore volume and area distributions in porous substances**. *Journal of the American Chemical Society*, v. 73, n. 1, p. 373-380, 1951.

BEZERRA, F. T. C. *et al.* **Emergência e crescimento inicial de plantas de *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) em substrato salino**. *Revista Árvore*, v. 37, n. 4, p. 611–618, jul. 2013.

BEZERRA, I. C. F. *Planejamento, produção e caracterização de formas farmacêuticas para veiculação de extrativos derivados das folhas de *Eugenia uniflora* Linn (pitanga)*. 2021. 200f. Tese (Doutorado em Inovação Terapêutica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

BOSS, E. A. **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. 2004. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2004.

BRASIL. **Farmacopeia Brasileira. 6. ed. Brasília: Anvisa, 2019. v. 1, 874 f.**
BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 26, de 13 de maio de 2014**. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notificação de produtos tradicionais fitoterápicos. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0026_13_05_2014.pdf. Acesso em: 06 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Direção de Administração e Finanças. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. **Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS: Renisus**. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. **Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRESCIA, A. E.; WANDER, L. V. **Theoretical review of the inter connectivity of hierarchical porous materials characterization by physical adsorption**. *Journal Name*. *The Journal of Exact Sciences*. v. 8, n. 1, 2022.

BRITO, V. P.; FREITAS, M. C. F.; GOMES, D. C.; OLIVEIRA, V. O. A fitoterapia como uma alternativa terapêutica complementar para pacientes com diabetes mellitus no Brasil: uma revisão sistemática. *Revista Saúde Meio Ambiente*, v. 9, p. 189-204, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.24302/sma.v9i0.2847>. Acesso em: 05 set. 2024.

CAMACHO, M. R.; KIRBY, G. C.; WARHURST, D. C.; CROFT, S. L.; PHILLIPSON, J. D. **Oxoaporphine alkaloids and quinones from *Stephania dinklagei* and evaluation of their antiprotozoal activities.** *Planta Medica*, n. 66, v. 5, p. 478-480, 2000.

CALVERT, G.; CURCIC, N.; REDHEAD, C.; AHMADIAN, H.; OWEN, C.; BECKETT, D.; GHADIRI, M. **A new environmental bulk powder caking tester.** *Powder Technology*, v. 249, p. 323-329, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2013.08.037>. Acesso em: 10 set. 2024.

CASTRO, G. L. R. **Controle de qualidade de cápsulas de *Morus nigra* L.** 2018. 43 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Ceilândia, Brasília, 2018.

CAZAROLLI, L. H.; FOLADOR, P.; PIZZOLATTI, M.G.; BARRETO, N.S.F.R. **Signaling pathways of kaempferol-3-neohesperidoside in glycogen synthesis in rat soleus muscle.** *Biochimie*. v.91, n.7, p.843–849, 2009.

CETAP. **Frutas nativas: alimentos locais, sabores e ingredientes especiais.** Passo Fundo-RS, 2015. Disponível em: http://www.cetap.org.br/site/wp-content/uploads/material/frutas_nativas-2015.pdf. Acesso em: 17 mai. 2024.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro** - Região Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 934 p. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-e-flora/Regiao_Sul.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.

COSTA, R. S. *et al.* **Caracterização física, química e físico-química do extrato seco por nebulização (spray-drying) de *Cynara scolymus* L. (Asteraceae).** *Revista Brasileira de Farmácia*, v. 90, n. 3, p. 169-174, 2009.

CRUZ-VEGA, D.E.; AGUILAR, A.; CASTRO-GARZA, J.; GONZA-LEZGARZA, M.T. Antiamoebic activity of aqueous extracts from five medicinal plants from Northeastern Mexico. *Archives of Medical Research*, v.31, p.517–518, 2000.

DENARI, G. B. **Contribuições ao ensino de análise térmica.** 2013. São Paulo. 106p. Dissertação (Especialização em Química Analítica e Inorgânica) - Universidade Federal de São Paulo. São Paulo.

DIAS, E. C. M. *et al.* Uso de fitoterápicos e potenciais riscos de interações medicamentosas: reflexões para prática segura. *Revista Baiana de Saúde Pública*, Salvador, v. 41, n. 2, p. a2306, 2018. Disponível em: <http://rbsp.sesab.ba.gov.br/index.php/rbsp/article/view/2306/2237>. Acesso em: 08 jun. 2019.

DIVYA, B.; MRUTHUNJAYA, K.; MANJULA, S.N. **Parkinsonia aculeata: a phytopharmacological review.** *Asian J Plant Sci*. v.10, p.175-181, 2011.

EL-SAYED, N.H.; AHMED, A.A.; ISHAK, M.S.; KANDIL, F.E. Luteolin 7. 4`- dimethyl ether 6- C-glucoside from *Parkinsonia aculeata*. *Phytochem* v.30, p.2442, 1991.

EMILIANO, S. A.; BALLIANO, T. L. **Prospecção de artigos e patentes sobre plantas medicinais presentes na caatinga brasileira.** *Cadernos de Prospecção*, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 615, 2019. DOI: 10.9771/cp.v12i3.27324. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/27324>. Acesso em: 5 set. 2024.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. de. Estrutura e dinâmica de populações infestantes de *Parkinsonia aculeata* L. (Fabaceae) em áreas de Caatinga, Brasil. *Gaia Scientia*, v. 8, n. 1, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/19338>. Acesso em: 05 set. 2024.

FABRICANTE, J. R.; FEITOSA, S. S. *Parkinsonia aculeata* L. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 6, n. 2, p. 1-13, 2010.

FERNANDES, M. R. V. **Padronização e avaliação biológica de extratos secos de *Psidium guajava* L. obtidos por spray drying.** 2013. 259 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

FLOR, S. S.; BARBOSA, W. L. R. **Sabedoria popular no uso de plantas medicinais pelos moradores do bairro do Sossego no distrito de Marudá.** *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 17, p. 113-119, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/5X6gZSNb7rjgd7mLWQsrTZm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 set. 2024.

Formas Farmacêuticas. 2010. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/2908/1/arquivo1166_1.pdf . Acesso em: 30 ago. 2024.

FRANCO, Eryvelton de Souza. **Avaliação do efeito antidiabético de *Parkinsonia aculeata* L. (Caesalpiniaceae) em ratos wistar com síndrome metabólica: repercursões bioquímicas e moleculares.** 2016. 97f. Tese (Doutorado acadêmico em Ciências Farmacêuticas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2016.

FRANCO, E. S. *et al.* **Polar fraction from *Parkinsonia aculeata* aerial parts extract improves imbalanced metabolic profile and reduces proinflammatory interleukin levels in white adipose tissue in obese rats induced by western diet.** *Journal of Ethnopharmacology*, v. 282, p. 114557, ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114557>. Acesso em: 20 mai, 2024.

FRASSON, A. P. Z.; BITTENCOURT, C. F.; HEINZMANN, B. M. Caracterização físico-química e biológica do caule de *Caesalpinia ferrea* Mart. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, n. 1, p. 35–39, jun. 2003.

FREITAS, M. C.; CESCHINI, F. L.; RAMALLO, B. T. Resistência à insulina associada à obesidade: efeitos anti-inflamatórios do exercício físico. *Revista Brasileira de Ciências e Movimento*, v. 22, n. 3, p. 139-147, jul./set. 2014.

GADELHA, C. S.; PINTO JÚNIOR, V. M.; BEZERRA, K. K. S.; PEREIRA, B. B. M.; MARACAJÁ, P. B. **Estudo bibliográfico sobre o uso das plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil**. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, [S.l.], v. 5, p. 208–212, 2013. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3577>. Acesso em: 5 set. 2024.

GAIÃO, W. D. C. **Avaliação do efeito da fração polar do extrato de partes aéreas de *Parkinsonia aculeata* L. sobre a absorção de glicose em modelo in vitro de resistência insulínica**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

GARLET, T. M. B.; RUPPELT, B. M. **Plantas medicinais com potencial para tratamento de transtornos de ansiedade e depressão: uma revisão integrativa**. *Revista Fitos*, Rio de Janeiro, Suppl. 3, p. e1572, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2024.1572>. Acesso em: 4 set. 2024.

GOIS, C. M. D. de .; LIMA , C. B. de; MEDEIROS, D. A. .; GODINHO, J. . Avaliação da atividade antioxidante do extrato de Hibiscus Sabdariffa in vitro para a formulação de sérum antiaging. **E-Acadêmica**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 2022.

GOMES, Ana Francisca Teixeira. **Estudo in silico de alvos terapêuticos no tratamento do Diabetes Mellitus**. 2023. 121 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/52690/1/Estudoinsilicoalvos_Gomes_2023.pdf. Acesso em: 02 set. 2024.

GUPTA, R.S.; REHWANI, H.; KHUSHALANI, V.; TANWAR, K.; JOSHI, Y.C. **Antispermatogetic effects of *Parkinsonia aculeata* stem bark in male rats**. *Pharmaceutical Biology*. v.45, p.1–8, 2007.

GUT, G. A. P. *et al.* **Potencialidades para o uso de *Parkinsonia aculeata* L. em sistemas agroflorestais no semiárido**. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 16, n. 1, p. 1-4, 2020.

HASSAN, W. H.; ABDELAZIZ, S.; YOUSEF, A. H. M. Chemical composition and biological activities of the aqueous fraction of *Parkinsonia aculeata* L. growing in Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 12, n. 3, p. 377-387, 2019.

HUBINGER, S. Z. **Estudo farmacognóstico e desenvolvimento de fitocosmético de ação antioxidante dos frutos de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

JAMES, D. E.; STÖCKLI, J.; BIRNBAUM, M. J. **The aetiology and molecular landscape of insulin resistance**. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, Londres, v. 22, n. 11, p. 751-771, nov. 2021. doi: 10.1038/s41580-021-00390-6. Epub 20 jul. 2021. PMID: 34285405.

JARDIM, L.; SOSSAE, F. C.; RIBEIRO, M. L. **Das cavernas ao Sistema Único de Saúde (SUS): importância da inserção e regulamentação das plantas medicinais ao longo do tempo**. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 62-81, 2023. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2023.v26i1.1936. Disponível em: <https://www.revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/1936>. Acesso em: 4 set. 2024.

KROKIDA, M. K. *et al.* **Cinética de secagem de vegetais**. *Revista de Engenharia de Alimentos*, v. 59, n. 4, p. 391-403, out. 2003. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00498-3.

LEITE, A. C. R. *et al.* **Characterization of the Antidiabetic Role of Parkinsonia aculeata (Caesalpinaceae)**. Hindawi Publishing Corporation, Recife, v. 2011, p. 1-9, 2010.

LEITE, A. *et al.* **Parkinsonia aculeata aqueous extract fraction: Biochemical studies in alloxan-induced diabetic rats**. *Journal of Ethnopharmacology*, Recife, v. 111, p. 547-552, 2007.

LEMOS, E. L. **Análise físico-química e fitoquímica do extrato etanólico bruto das raízes de *Harrisia adscendens* (Gürke) Britton & Rose (CACTACEAE)**. 2015. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

LIMA, M. J. S. **Desenvolvimento de formas farmacêuticas à base do extrato seco da casca do caule de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) como alternativa no tratamento do diabetes mellitus**. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/34476/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Maria%20Joanellys%20dos%20Santos%20Lima.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.

LOCHNECKEL, L. *et al.* **Obtenção de extratos secos de carotenoides a partir da biomassa da microalga *Haematococcus pluvialis* por secagem em torre de aspersão (spray-drying)**. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 23, n. 4, dez. 2018. DOI: 10.1590/s1517-707620180004.0555.

LOZANO, A. M.; GILDENBERG, P. L.; TASKER, R. R. **Textbook of stereotactic and functional neurosurgery**. New York: Springer, 2009. p. 2533-2540.

MACEDO, J. A. B. **Plantas medicinais e fitoterápicos na atenção primária à saúde: contribuição para profissionais prescritores**. Rio de Janeiro, 2016. Monografia (Especialização em Gestão da Inovação de Medicamentos da Biodiversidade na modalidade EAD) – Instituto de Tecnologia em Fármacos Farmanguinhos, 2016. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/17719>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MACÊDO, S. K. L. *et al.* **Caracterização farmacognóstica, térmica e morfológica das cascas e folhas de *Triplaris gardneriana***. *Weed. Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 11904-11915, 2020.

MACHADO, C.; DIAS BORGES, E.; *et al.* **Preservação de substâncias bioativas em extrato da casca da semente do algodão durante a secagem por spray dryer com EMBRAPA uso de agentes carreadores**. In: VI ENCONTRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA AGROENERGIA, 2020, Brasília. Anais... Brasília: Embrapa, 2020.

MACRINI, T. **Análise farmacognóstica de amostras de drogas vegetais psicoativas comercializadas em Diadema**. 2011. Dissertação (Mestrado em fármacos e medicamentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MALDONADO, R. R.; PAULINO, T. M. Diabetes Mellitus e resistência à insulina. *Interciência & Sociedade*, Mogi Guaçu, v. 3, p. 27-35, 2014.

MARZOUK, M.S.; MOHARRAM, F.A.; EL-DIB, R.A.; EL-HOSSARY, D.G. **Novel Macrocyclic Monoterpene Glycosides from Bioactive Extract of *Parkinsonia aculeata* L.** *Cell Biochem Biophys*. v.65, p.301–313, 2013

MATOS, B. F.; SOUSA, J. J. A. DE; FAÇANHA, R. V.; MOURA, F. N. DE S.; HOLANDA, D. X. T. **Plantas nativas e a prática da contextualização: uma investigação etnobotânica no ensino de ciências**. *Revista Insignare Scientia - RIS*, v. 4, n. 6, p. 1-21, 7 out. 2021.

MATOS, F. J. A. **Introdução a fitoquímica experimental**. 2. Ed. Fortaleza: Edições UFC, 1997. 141 p.

MATOS, F. J. A. **Introdução à fitoquímica experimental**. Fortaleza: Edições UFC, 1998.

MENDONÇA, A. M.; MOURA, J. A.; ARAÚJO, P. B. de O.; ALMEIDA, S. D. **Fatores ambientais e genéticos associados ao desenvolvimento do Diabetes mellitus tipo 2: revisão sistemática**. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 16, p. e257111638325, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i16.38325. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38325>. Acesso em: 3 set. 2024.

MRUTHUNJAYA, K.; HUKKERI, V.I. **In vitro antioxidant and free radical scavenging potential of *Parkinsonia aculeata* Linn.** *Pharmacognosy Magazine*. v.4, p.42–51, 2008.

OLIVEIRA, G. R.; JUNIOR, A. M. O; SANTOS, J. T. S; CAMPOS, A. F. P; NUNES, T. P; RUSSO, S. L. **Prospecção Tecnológica: Processo de Liofilização na Indústria de Alimentos**. Revista Gestão, Inovação e Tecnologias, [s.l.], v. 3, n. 1, p.092-102, 15 mar. 2013.

OLIVEIRA, Letícia do Vale.). **Análise fitoquímica de extratos da madeira da espécie vegetal *Martiodendron elatum* (FABACEAE 2021**. 57p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

OLIVEIRA, A. C. D.; ROPKE, C. **Os dez anos da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF) e os principais entraves da cadeia produtiva de extratos vegetais e medicamentos fitoterápicos no Brasil**. *Revista Fitos*, [Online], v. 10, n. 2, p. 185–198, dez. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2446-4775.20160015>. Acesso em: [01 set. 2024].

OLIVEIRA, G. R.; JUNIOR, A. M. O; SANTOS, J. T. S; CAMPOS, A. F. P; NUNES, T. P; RUSSO, S. L. **Prospecção Tecnológica: Processo de Liofilização na Indústria de Alimentos**. Revista Gestão, Inovação e Tecnologias, [s.l.], v. 3, n. 1, p.092-102, 15 mar. 2013.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. **Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações**. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000400026>. Acesso em: 05 set. 2024. ISSN 1981-528X.

PEDROSO, R. dos S.; ANDRADE, G.; PIRES, R. H. **Plantas medicinais: uma abordagem sobre o uso seguro e racional**. *Physis*, [S. l.], v. 31, n. 2, p. e310218, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-73312021310218>. Acesso em: 5 set. 2024.

PEDROSO, R. dos S.; ANDRADE, G.; PIRES, R. H. **Plantas medicinais: uma abordagem sobre o uso seguro e racional**. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, v. 31, n. 2, p. e310218, 2021.

PRÉCOMA, D. B. *et al.* **Updated cardiovascular prevention guideline of the Brazilian Society of Cardiology - 2019**. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 113, n. 4, p. 787-891, out. 2019.

RANDAU, K. P. *et al.* **Um olhar anatômico sobre nove espécies de Apocynaceae ocorrentes em Recife (PE)**. 1. ed. Recife: UFPE, 2021. 107 p.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, v. 49, n. 4, p. 311-319, 2001. DOI: 10.1016/S0260-8774(00)00228-4.

REY, L.; MAY, J. C. **Freeze-Drying/Lyophilization of Pharmaceutical and Biological Products**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2004.

ROMÃO, M. V. V.; MANSANO, V. F. **Parkinsonia in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB83555>. Acesso em: 20 jul. 2024.

ROMUALDO, M. C. dos S.; NÓBREGA, F. J. de; ESCRIVÃO, M. A. M. S. Insulin resistance in obese children and adolescents. *Journal of Pediatrics (Rio de Janeiro)* [Internet], v. 90, n. 6, p. 600-607, nov. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2014.03.005>. Acesso em: 05 fev. 2024.

SANTOS, L. G. **Método de difusão radial: validação e otimização do processo de extração para doseamento de taninos de espécies medicinais da caatinga.** 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2012. Disponível em: https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/17826/1/Tese_2016_Eryvelton%20PPGC_F_UFPE.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.

SANTOS, M. R. G.; REZENDE, M. D. A. **Prescrição de fitoterápicos na atenção primária de saúde no Brasil e a contribuição do memento fitoterápico aos profissionais prescritores.** *Revista fitos*, v. 13, n. 4, p. 299–313, 2019.

SANTOS, R. L.; GUIMARÃES, G. P.; NOBRE, M. S. C.; PORTELA, A. S. **Análise sobre a fitoterapia como prática integrativa no Sistema Único de Saúde.** *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 486–491, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000400014>. Acesso em: 5 set. 2024.

SILVA, E. C.; PAOLA, M. V. R. V.; MATOS, J. R. Análise térmica aplicada à cosmetologia. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 43, n. 3, p. 347-356, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-93322007000300004>. Acesso em: 18 jun. 2024

SILVA, R.M.F. **Peperomia pellucida L. (H.B.K.): Obtenção Tecnológica de Formas Farmacêuticas.** 2010. 186 f. Tese (Doutorado- Departamento de Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SILVA, R. M. F. *et al.* **Obtenção de extratos spray-dry de *Peperomia pellucida* L. (HBK) usando diferentes temperaturas de atomização: caracterização físico-química e desenvolvimento tecnológico para aplicações farmacêuticas.** *Daru*, v. 29, p. 147–158, 2021.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento.** Porto Alegre: Artmed, 2017. 486 p.

SOARES, L. A. L.; FARIAS, M. R. **Qualidade de insumos farmacêuticos ativos de origem natural.** In: SIMÕES, C. M. O. (Org.) *et al.* **Farmacognosia do produto natural ao medicamento.** Porto Alegre: Artmed. p. 83-105, 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes (2019-2020)** / Adolfo Milech...[et. al.]; organização José Egidio Paulo de Oliveira, Sérgio Vencio - São Paulo: A.C. Farmacêutica, p. 1-491, 2020. Disponível em:

<https://www.saude.ba.gov.br/wpcontent/uploads/2020/02/Diretrizes-Sociedade-Brasileira-de-Diabetes-2019-2020.pdf> . Acesso em: 20 jun. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FARMACOGNOSIA - SBFgnosia, 2009.

SOUTO, V. F. **Parâmetros somáticos, metabólicos e do comportamento alimentar em ratos Wistar com excesso de peso tratadas por *Parkinsonia aculeata***. 2024. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

SWETA, K. S. *et al.* **Formulação e avaliação de géis antifúngicos tópicos à base de extrato hidroalcoólico de *Catharanthus roseus* e *Aloe vera***. *Revista Brasileira de Farmácia*, v. 11, n. 3, p. 173-176, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 2010. 782 p.

TAYLOR, Mark J. *et al.* Macrophilicidal activity after doxycycline treatment of *Wuchereria bancrofti*: a double-blind, randomised placebo-controlled trial. *The Lancet*, v. 365, n. 9477, p. 2116–2121, jun. 2005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673605665919>. Acesso em: 29 jul. 2024.

TERRONI, H. C. *et al.* **Liofilização**. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <http://www.unilago.edu.br/revista/edicaoanterior/Sumario/2013/downloads/2013/LIOFILIZACAO.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2024.

TOMASI, M. L. M. **Aspectos relacionados ao desenvolvimento de um medicamento fitoterápico: preparação e avaliação biológica de extrato seco pa de erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

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

USDA. *Plant Profile: **Parkinsonia aculeata***. 2014. Disponível em: <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=PAAC3>. Acesso em: 20 jul. 2024.

UNITED STATES PHARMACOPEIA. USP-NF Online. Disponível em: <https://online.uspnf.com/>. Acesso em: 15 set. 2024.

VOIGT, R. **Pharmazeutisch Technology**. Überarb. Aufl. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2000.

WAGNER, H.; BLADT, S. **Plant Drug Analysis: A Thin Layer Chromatography Atlas**. 2. ed. Berlim: Springer-Verlag, 1996.

XAVIER, A. T.; NUNES, J. S. **Tratamento de diabetes mellitus com plantas medicinais**. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, v. 9, n. edesp, p. 603-609, 2018.

YUNES, R. A.; CALIXTO, J. B. **Plantas medicinais sob a ótica da química medicinal moderna**. *Agros*, [S. l.], 2001.

APÊNDICE A – Eventos térmicos ocorridos nos extratos secos de *P. aculeata*

Tabela 5: Eventos térmicos ocorridos nos extratos secos de *P. aculeata*

AMOSTRA	EVENTOS	INTERVALO DE TEMPERATURA (°C)	PERDA DE MASSA (%)	MASSA RESIDUAL (%)
Spray dryer 1	1º	18,13 - 61,61	4,983	
	2º	141,32 - 157,61	8,636	67,74
	3º	235,65 - 265,20	12,66	
	4º	310,42 - 340,16	5,976	
Spray dryer 2	1º	21,83 - 58,71	3,586	
	2º	151,76 - 162,03	5,707	74,68
	3º	252,56 - 272,04	12,239	
	4º	323,65 - 356,40	3,788	
Spray dryer 3	1º	37,85 - 64,19	2,579	
	2º	138,69 - 162,47	6,593	71,29
	3º	238,72 - 259,42	13,509	
	4º	307,28 - 331,38	6,022	
Spray dryer 4	1º	30,82 - 52,53	4,835	
	2º	145,38 - 1564,07	3,411	77,56
	3º	229,08 - 242,22	8,703	
	4º	328,77 - 356,69	5,485	
Spray dryer 5	1º	33,64 - 52,65	2,669	
	2º	138,56 - 162,47	4,348	82,8
	3º	244,19 - 266,38	6,586	
	4º	353,54 - 384,40	3,597	
Spray dryer 6	1º	36,24 - 54,21	3,512	
	2º	140,32 - 165,39	3,938	80,85
	3º	234,12 - 243,96	5,704	

	4 ^o	307,98 - 328,0	5,989	
Spray dryer 7	1 ^o	43,50 - 75,73	2,517	
	2 ^o	139,25 - 156,39	5,455	73,93
	3 ^o	231,91 - 263,73	12,43	
	4 ^o	305,51 - 334,52	5,664	
Spray dryer 8	1 ^o	33,16 - 53,16	2,686	
	2 ^o	139,72 - 162,27	4,504	75,86
	3 ^o	233,50 - 264,62	13,202	
	4 ^o	296,99 - 341,36	3,74	
Spray dryer 9	1 ^o	39,61 - 59,90	4,124	
	2 ^o	154,27 - 163,42	4,416	72,73
	3 ^o	234,17 - 260,03	10,675	
	4 ^o	305,12 - 331,54	8,047	
Spray dryer 10	1 ^o	38,98 - 48,00	2,337	
	2 ^o	139,98 - 159,63	2,265	85,64
	3 ^o	239,97 - 262,61	6,504	
	4 ^o	274,59 - 310,21	3,252	
Spray dryer 11	1 ^o	32,87 - 49,30	3,557	
	2 ^o	141,10 - 151,68	3,25	80,47
	3 ^o	238,53 - 261,93	7,686	
	4 ^o	315,62 - 341,15	5,029	
Spray dryer 12	1 ^o	35,31 - 52,24	5,397	
	2 ^o	145,23 - 154, 93	5,843	69,09
	3 ^o	233,23 - 264,06	15,366	
	4 ^o	329,85 - 337,33	4,304	
Spray dryer 13	1 ^o	35,19 - 51,29	3,15	
	2 ^o	141,41 - 162,89	5,282	75,46

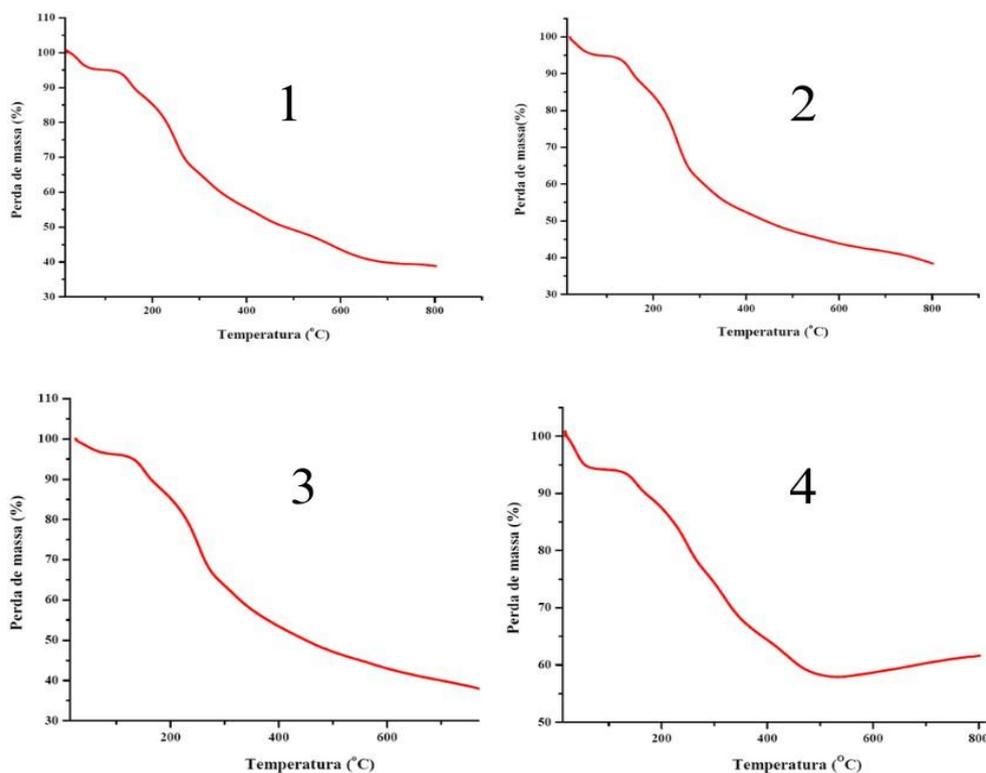
	3 ^o	238,60 - 268,66	12,639	
	4 ^o	337,24 - 366,73	3,466	
Spray dryer 14	1 ^o	41,89 - 57,34	4,563	
	2 ^o	143,37 - 157,75	7,165	66,27
	3 ^o	236,06 - 267,50	16,971	
	4 ^o	334,16 - 349,12	5,029	
Spray dryer 15	1 ^o	39,65 - 56,91	4,965	
	2 ^o	145,73 - 155,72	7,262	69,40
	3 ^o	242,66 - 268,64	13,478	
	4 ^o	287,14 - 336,37	4,891	
Spray dryer 16	1 ^o	32,15 - 51,29	2,824	
	2 ^o	135,92 - 159,73	5,38	70,50
	3 ^o	234,93 - 264,21	15,976	
	4 ^o	328,70 - 353,39	5,318	
Spray dryer 17	1 ^o	35,82 - 49,67	2,595	
	2 ^o	139,20 - 157,22	3,433	79,18
	3 ^o	243,45 - 269,65	10,599	
	4 ^o	261,74 - 355,45	4,192	
Spray dryer 18	1 ^o	29,48 - 50,91	2,995	
	2 ^o	147,00 - 169,86	4,521	80,34
	3 ^o	235,10 - 268,52	8,632	
	4 ^o	308,26 - 350,36	3,504	
Spray dryer 19	1 ^o	23,83 - 88,33	2,314	
	2 ^o	144,86 - 165,87	5,705	76,46
	3 ^o	239,09 - 268,31	11,837	
	4 ^o	332,58 - 349,99	3,684	
Spray dryer 20	1 ^o	33,66 - 49,04	3,443	

	2º	141,39 - 162,65	6,368	68,49
	3º	237,27 - 266,85	14,811	
	4º	286,44 - 347,70	6,887	
Liofilizado	1º	30,01 - 65,87	0,707	
	2º	139,91 - 151,39	3,861	80,83
	3º	242,62 - 259,32	10,95	
	4º	330,94 - 350,68	3,644	
ESTUFA	1º	40,24 - 76,75	2,755	
	2º	144,98 - 199,38	5,267	46,69
	3º	234,4 - 246,49	17,796	
	4º	306,21 - 341,64	27,488	

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

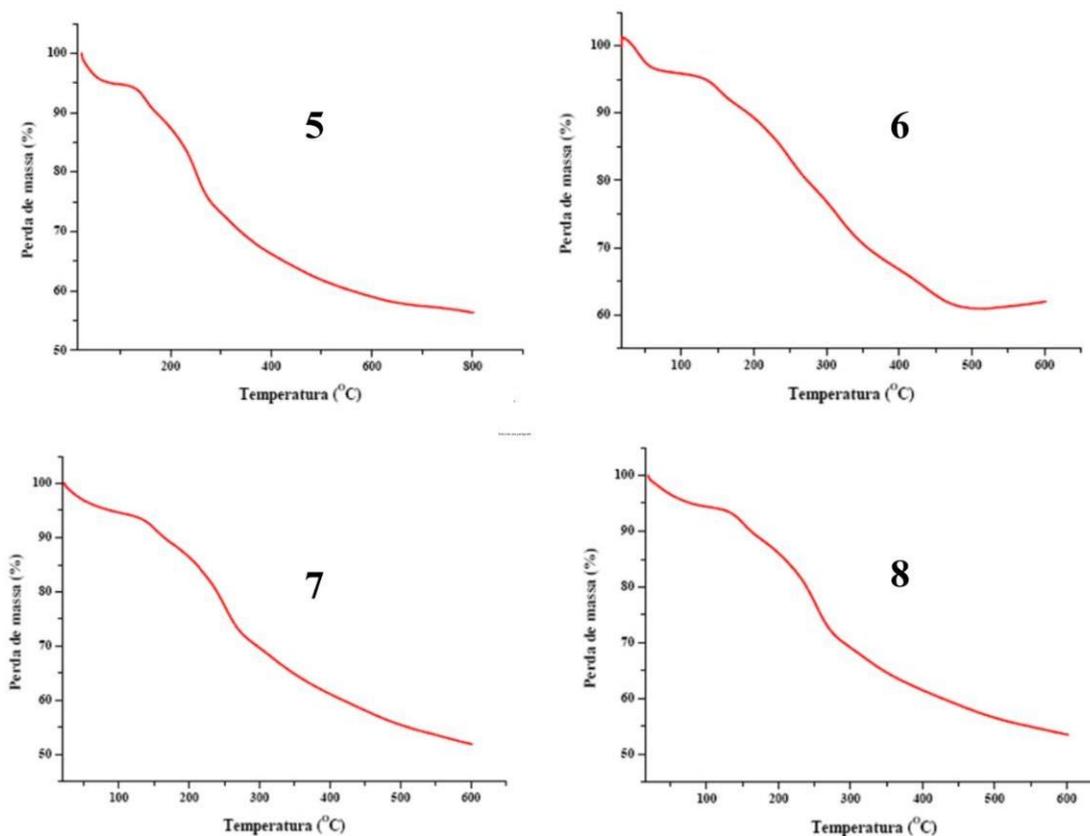
APÊNDICE B – Curvas termogravimétricas referentes ao extrato de *P. aculeata*

Figura 32: Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de *P. aculeata*.



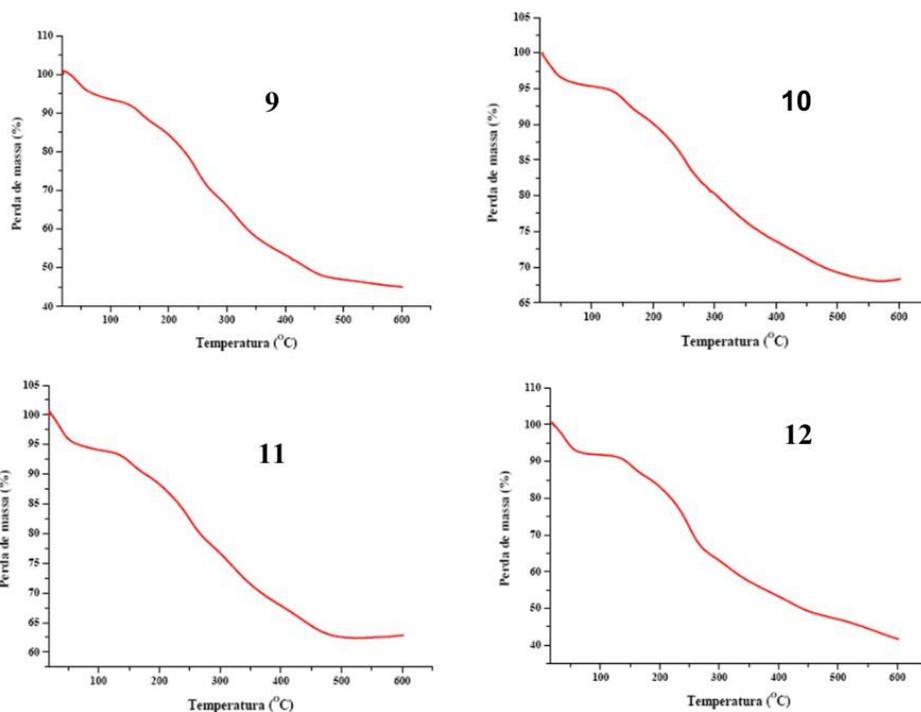
Legenda: **1:** Curvas TG da amostra 1 (170°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹; **2:** Curvas TG da amostra 2 (160°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹; **3:** Curvas TG da amostra 3 (165°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹; **4:** Curvas TG da amostra 4 (160°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.
Fonte: Dados da Pesquisa, 2024

Figura 33. Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de *P. aculeata*.



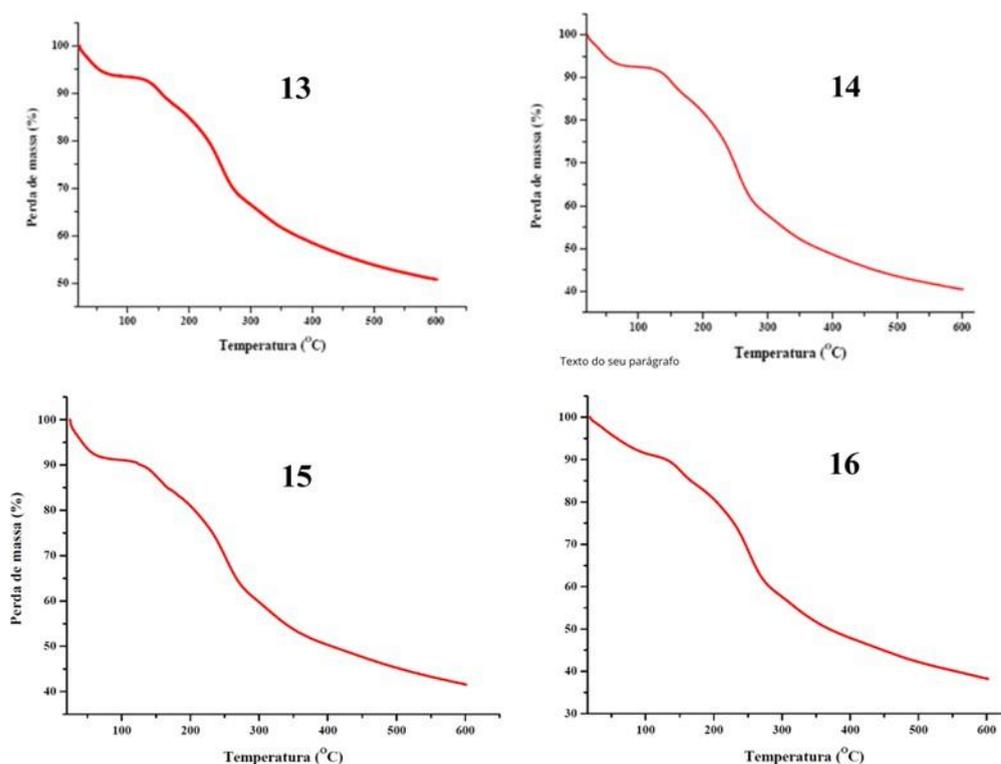
Legenda: **5:** Curvas TG da amostra 5 (170°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹;
6: Curvas TG da amostra 6 (165°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹;
7: Curvas TG da amostra 7 (160°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹;
8: Curvas TG da amostra 8 (165°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Figura 34. Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de *P. aculeata*



Legenda: **9:** Curvas TG da amostra 9 (170°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹;
10: Curvas TG da amostra 10 (170°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.
11: Curvas TG da amostra 11 (160°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.
12: Curvas TG da amostra 12 (165°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.
Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Figura 35. Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de *P. aculeata*.



Legenda: **13:** Curvas TG da amostra 13 (150°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

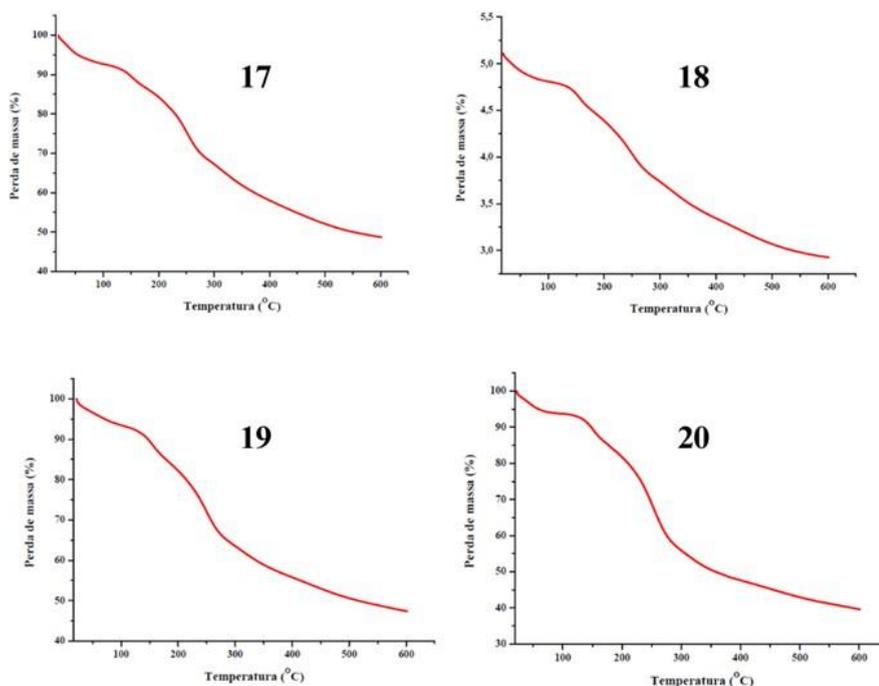
14: Curvas TG da amostra 14 (150°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

15: Curvas TG da amostra 15 (150°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

16: Curvas TG da amostra 16 (150°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Figura 36: Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de *P. aculeata*



Legenda: **17:** Curvas TG da amostra 17 (155°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

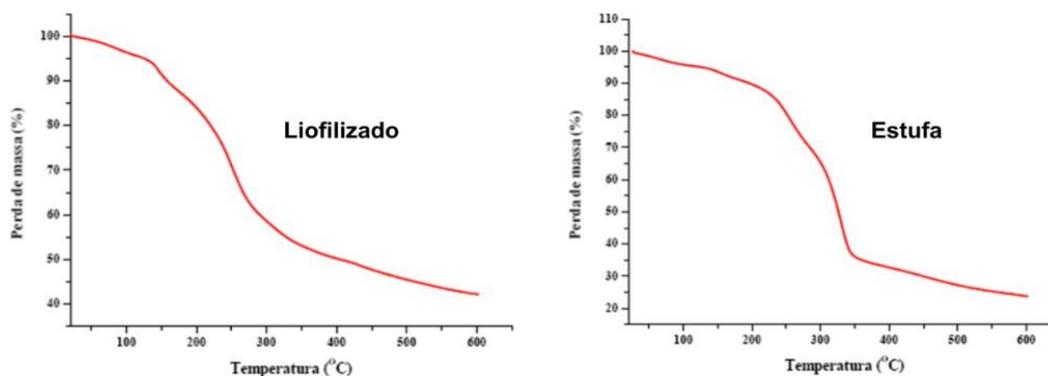
18: Curvas TG da amostra 18 (155°C, 20% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

19: Curvas TG da amostra 19 (155°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 9mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

20: Curvas TG da amostra 20 (155°C, 10% aerosil, fluxo de ar de 6mL/min) obtidas sob atmosfera dinâmica de nitrogênio (TG: 50 mL.min⁻¹), com razão de aquecimento de 10°C.min⁻¹.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Figura 37. Curvas termogravimétricas referentes ao extrato seco de *P. aculeata*.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

ANEXO – Comprovante de cadastro no SISGEN de *Parkinsonia aculeata*.



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Comprovante de Cadastro de Acesso

Cadastro nº AA0932F

A atividade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisC em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do cadastro: AA0932F
Usuário: Rosali Maria Ferreira da Silva
CPF/CNPJ: 025.322.244-36
Objeto do Acesso: Patrimônio Genético
Finalidade do Acesso: Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico

Espécie

Parkinsonia aculeata

Título da Atividade: OBTENÇÃO DE FORMAS FARMACÊUTICAS À BASE DE PARKINSONIA ACULEATA PARA TRATAMENTO DE RESISTÊNCIA INSULÍNICA

Equipe

Rosali Maria Ferreira da Silva	Universidade Federal de Pernambuco
Pedro José Rolim Neto	Universidade Federal de Pernambuco
Maria Bernadete de Sousa Maia	Universidade Federal de Pernambuco

Data do Cadastro: 24/04/2023 13:24:58
Situação do Cadastro: Concluído

Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em 13:25 de 24/04/2023.



SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO
DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL
ASSOCIADO - **SISGEN**