



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA - FAEN
ENGENHARIA DE ALIMENTOS



ANA CAROLINA OLIVEIRA MEDEIROS

Secagem de extrato aquoso de folhas de veludo branco (*Guettarda viburnoides*) por *spray drying* e liofilização

Dourados – MS

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA - FAEN
ENGENHARIA DE ALIMENTOS



Secagem de extrato aquoso de folhas de veludo branco (*Guettarda viburnoides*) por *spray drying* e liofilização

ANA CAROLINA OLIVEIRA MEDEIROS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito necessário para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos à Faculdade de Engenharia – FAEN da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eliana Janet Sanjinez Argandoña.

Coorientador: Pedro Cruz de Oliveira Junior.

Dourados – MS

2022

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, por sempre iluminar meu caminho para que meus objetivos fossem alcançados.

Aos meus pais, Roseneli e Roberto, por todo amor e dedicação, por terem me incentivado e ensinado a importância dos estudos, sem vocês nada disso seria possível. A vocês, o meu maior apreço.

Aos meus avós Maria de Lourdes e Odil, por todo apoio e incentivo aos estudos, por sempre acreditarem que isso seria possível, meus sinceros agradecimentos por tudo que fizeram e fazem por mim.

A minha irmã Mariana, por sempre estar ao meu lado, por sempre me ajudar nas análises laboratoriais e por ser uma grande amiga.

Aos meus colegas da XI turma de Engenharia de alimentos da UFGD, por todos os momentos compartilhados.

À UFGD, por ser a responsável pela estrutura do curso de Engenharia de Alimentos.

A orientadora Professora Dra. Eliana Janet Sanjinez Argandoña, pela amizade, pelos ensinamentos, paciência e por sempre me incentivar a concluir meus objetivos.

A todos os professores da Faculdade de Engenharia por transmitir todos os seus conhecimentos.

A minha segunda família, o laboratório GEPPAC, por todo apoio para realização deste trabalho, por todo incentivo e amizade.

Aos meus amigos e familiares que de alguma forma me apoiaram e ajudaram na conclusão da minha graduação, meus sinceros agradecimentos a todos, vocês são especiais para mim.

Secagem de extrato aquoso de folhas de veludo branco (*Guettarda viburnoides*) por *spray drying* e liofilização

Resumo: *Guettarda viburnoides*, popularmente conhecida como “veludo branco”, tem sido utilizada na forma de infusão das folhas para o tratamento de inflamações. Devido a planta *in natura* apresentar alto teor de água, se torna inviável a preservação a longo prazo da mesma, pois o elevado teor de água facilita a proliferação de microrganismos e as reações enzimáticas, provocando sua deterioração ou degradando o princípio ativo. O presente trabalho tem como objetivo estudar as técnicas de secagem por atomização (*spray drying*) e liofilização de folhas de *Guettarda viburnoides*, avaliando os compostos bioativos e analisando as propriedades tecnológicas do extrato em pó. O extrato foi obtido por infusão aquosa das folhas de *G. viburnoides*, e desidratado pelos métodos de atomização (A) e liofilização (L1 e L2), sendo A e L1 utilizando mistura de extrato de *G. viburnoides* (60%), água destilada (16%) e de agentes encapsulantes constituídos de soluções de maltodextrina (8%), goma arábica (8%) e quitosana (8%), e L2 utilizando extrato (100%). O extrato em pó (A) apresentou baixo rendimento (3,40%) se comparado ao L1 (11,54%) e L2 (4,198%), no entanto, apresentou as melhores características físicas, obtendo cápsulas esféricas com baixa umidade (3,61%) e atividade de água (0,41 Aw), com densidade (0,334 g/cm³) e solubilidade (84,47%) semelhante ao produto liofilizado e com menor higroscopicidade (13,49%), fornecendo condições adequadas para sua conservação prolongada. A secagem por atomização (A), apesar da alta temperatura de processo, foi eficiente na retenção de compostos fenólicos e flavonóides e apresentou atividade antioxidante semelhante ao L1. Conclui-se que os extratos em pó obtidos por *spray drying* e liofilização apresentam potencial para serem utilizados na formulação de suplementos, fármacos e cosméticos.

Palavras-chave: compostos bioativos, composição química, antioxidante, desidratação, atomização.

Spray-drying and freeze-drying of aqueous extract of white velvetleaf (*Guettarda viburnoides*)

Abstract: *Guettarda viburnoides*, popularly known as "white velvet", has been used in the form of infusion of the leaves for the treatment of inflammations. Due to the fact that the plant in natura presents a high water content, its long-term preservation becomes unfeasible, because the high water content facilitates the proliferation of microorganisms and enzymatic reactions, causing its deterioration or degrading the active principle. The present work aims to study the spray drying and freeze-drying techniques of *Guettarda viburnoides* leaves, evaluating the bioactive compounds and analyzing the technological properties of the powdered extract. The extract was obtained by aqueous infusion of *G. viburnoides* leaves, and dehydrated by atomization (A) and lyophilization (L1 and L2) methods, being A and L1 using mixture of *G. viburnoides* extract (60%), distilled water (16%) and encapsulating agents consisting of maltodextrin solutions (8%), gum Arabic (8%) and chitosan (8%), and L2 using extract (100%). The powdered extract (A) presented low yield (3.40%) if compared to L1 (11.54%) and L2 (4.198%), however, it presented the best physical characteristics, obtaining spherical capsules with low humidity (3.61%) and water activity (0.41 A_w), with density (0.334 g/cm³) and solubility (84.47%) similar to the freeze-dried product and with less hygroscopicity (13.49%), providing adequate conditions for prolonged conservation. The spray drying (A), despite the high temperature of the process, was efficient in retaining phenolic compounds and flavonoids and showed antioxidant activity similar to L1. It is concluded that the powdered extracts obtained by spray drying and lyophilization present potential to be used in the formulation of supplements, pharmaceuticals and cosmetics.

Keywords: bioactive compounds, chemical composition, antioxidant, dehydration, atomization.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	MATERIAL E MÉTODOS	2
2.1	Material.....	2
2.2	Preparação do extrato.....	2
2.3	Preparo da suspensão	3
2.4	Secagem por atomização (<i>spray drying</i>)	3
2.5	Secagem por liofilização.....	3
2.6	Sólidos solúveis totais.....	3
2.7	Rendimento do processo	4
2.8	Análises físicas e químicas	4
2.8.1	Umidade	4
2.8.2	Atividade de água (<i>Aw</i>).....	4
2.8.3	Densidade aparente.....	4
2.8.4	Solubilidade	4
2.8.5	Higroscopicidade	5
2.9	Determinação da cor	5
2.10	Morfologia das partículas	5
2.11	Compostos bioativos.....	6
2.11.1	Compostos fenólicos totais e Flavonóides totais.....	6
2.11.2	Capacidade antioxidante.....	6
2.12	Análise estatística	7
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
3.1	Sólidos solúveis totais (SST)	7
3.2	Rendimento do processo de secagem	8
3.3	Características físicas e químicas do extrato de folhas de <i>Guettarda viburnoides</i> desidratados	9
3.4	Determinação da cor	11
3.5	Morfologia das partículas	13
3.6	Compostos bioativos.....	14
3.6.1	Compostos fenólicos	14
3.6.2	Capacidade antioxidante.....	14
4	CONCLUSÃO	15
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é um bioma que apresenta valor imensurável devido à sua biodiversidade. Estudos já existentes indicam que o Cerrado é um grande provedor de plantas propícias para o uso medicinal e nutracêutico, sendo consideradas como alternativas em tratamentos de saúde para a cura e alívio de enfermidades (Vargem et. al., 2022; Ramos et. a., 2022). Entre as espécies encontradas no Cerrado, *Guettarda viburnoides* pertence à tribo *Guettardeae* (família *Rubiaceae*), popularmente conhecida como “veludo branco”, tem sido utilizada na forma de infusão das folhas para o tratamento de inflamações, de acordo com a crença popular (Ribeiro et. al., 2014).

As plantas medicinais são mais comumente utilizadas pela população na forma *in natura*, a fim de se manter e conservar compostos responsáveis pelo efeito benéfico à saúde. No entanto, se torna inviável a preservação a longo prazo da planta, devido ao elevado teor de água, que facilita a proliferação de microrganismos e as reações enzimáticas provocando sua deterioração ou degradando o princípio ativo (Rodrigues et. al., 2011; Valério, 2021; Ferreira et. al., 2022; Nascimento, 2022). Uma alternativa promissora para aumentar a vida útil, mantendo os compostos ativos e facilitando a quantificação do conteúdo a ser consumido, é a desidratação ou secagem (Gumz, 2021).

A secagem ocorre por dois mecanismos simultâneos: a transferência de pressão e vapor entre a fonte quente e a superfície do produto; e, a transferência de massa, na qual o líquido presente no alimento é removido. O processo de difusão da umidade no sólido é explicado por alguns mecanismos, tais como: difusão de vapor em função de gradientes de pressão parcial de vapor, difusão líquida, movimento do líquido em função de forças capilares e movimento do líquido ou vapor provocado por diferenças na pressão total (Tadini, 2016).

Entre os diferentes métodos de secagem, cita-se a secagem por convecção utilizando ar quente (secadores de bandeja e *spray drying*) e a liofilização. A desidratação por *spray dryer* ou atomização consiste na conversão de produtos líquidos a pós, onde o líquido é aspergido na forma de gotículas e entram imediatamente em contato com um fluxo de ar quente, ocorrendo a imediata evaporação da água. O processo tem como vantagem a alta produtividade e baixo custo, principalmente se comparado à liofilização (Pereira et. al., 2018; Mendonça, 2021). Embora a temperatura de secagem seja elevada (120 a 200°C), o tempo curto de permanência na câmara de secagem facilita a obtenção do produto em pó com baixa umidade mantendo, em parte, as propriedades nutricionais ou bioativas, a partir de extratos ou soluções líquidas.

O processo de liofilização consiste na remoção da água de um produto por sublimação, sob pressão negativa (vácuo). Esta forma de desidratação mantém as características sensoriais, biológicas e nutricionais do produto seco próximas às do produto fresco. Entretanto, a liofilização tem como principal inconveniente os altos custos em instalações e operação (Mezhericher, 2010).

A produção de alimentos em pó possui diversas vantagens, facilita a conservação, disponibilidade destes produtos nos períodos de entressafra, reduz custos de armazenamentos e transporte, facilita o manuseio e estende o prazo de viabilidade do produto em pó (Martins, et. al., 2020). O uso do pó pode ser desejável em diversos segmentos, como em indústrias farmacêuticas de fitoterápicos ou de alimentos, devido ao seu potencial benefício à saúde e à facilidade de padronização e de manuseio, o que contribui para a garantia da homogeneidade e qualidade.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo estudar as técnicas de secagem por atomização e liofilização de extrato de folhas de *Guettarda viburnoides*, avaliar os compostos bioativos e analisar as propriedades tecnológicas do extrato em pó.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

As folhas de *Guettarda viburnoides* foram coletadas em área de Cerrado *stricto sensu* campo no município de Dourados - MS. Após a coleta, a identificação botânica dos vegetais foi conferida no Herbário da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados - MS.

2.2 Preparação do extrato

Folhas de *Guettarda viburnoides* foram lavadas, drenadas e acondicionadas em sacos de papel e posteriormente distribuídas em estufa de circulação de ar a 35 °C para a secagem. O material seco foi triturado em moinho de facas para a obtenção de pó fino uniforme, sendo armazenado em recipientes de vidro com tampa e envolvidos com papel alumínio. Para a preparação do extrato aquoso, o material em pó (100g/L) foi infundido em água destilada previamente aquecida em temperatura próxima do ponto de ebulição e após 30 minutos foi realizada a filtração obtendo-se o extrato. O extrato foi desidratado pelos métodos de atomização (A) e liofilização (L1 e L2), sendo L2 constituído de 100% de extrato.

2.3 Preparo da suspensão

Para a secagem por atomização (A) e liofilização (L1), foi preparada uma mistura de agentes carreadores e do extrato de folhas de *Guettarda viburnoides*, de acordo com o procedimento de Ortega (2019). Foram utilizados agentes carreadores para proporcionar aumento de sólidos solúveis presentes na suspensão e auxiliar no rendimento e formação de cápsulas. A suspensão foi constituída dos agentes carreadores maltodextrina (8%), goma arábica (8%), quitosana (8%), além do extrato (60%) e água destilada (16%). A mistura dos constituintes foi homogeneizada em Ultra-turrax com agitação de 18.000 rpm em temperatura ambiente (25°C) por 5 minutos, tempo suficiente para obter completa dissolução dos agentes carreadores.

2.4 Secagem por atomização (*spray drying*)

A suspensão previamente preparada (100 mL) foi atomizada em *spray dryer* de escala laboratorial (LM MSD 1.0, Labmaq), com fluxo de ar de secagem de 35 L/min, bico aspersor de 2,0 mm de abertura de diâmetro e vazão de alimentação de 0,6 L/h e temperatura de saída de 180 °C e de saída de 95 °C. O pó obtido foi acondicionado em recipiente de vidro e armazenado a – 4 °C para posteriores análises.

2.5 Secagem por liofilização

A suspensão previamente preparada (100 mL) foi acondicionada em recipientes de polietileno rígido e congelado a -63 °C por 12 horas em *ultrafreezer*. O material congelado foi colocado no liofilizador (L101, LIOTOP) à temperatura de -45 °C, pressão de 104 µHg, durante 72 h. O produto liofilizado foi colocado em recipientes de polietileno protegidos da luz e armazenados em dessecador até o momento das análises. O mesmo processo foi realizado para liofilizar o extrato das folhas de *Guettarda viburnoides* sem uso de agentes carreadores (L2).

2.6 Sólidos solúveis totais

A leitura dos sólidos solúveis presentes no extrato de *Guettarda viburnoides* e na suspensão utilizada para a secagem das amostras A e L1 foram feitas por refratometria, utilizando refratômetro (ABBE BEL RMT). O aparelho foi calibrado a temperatura ambiente com água deionizada e procedeu-se às leituras das amostras.

2.7 Rendimento do processo

O rendimento do processo foi determinado pela razão entre a massa de sólidos no produto em pó e a massa de sólidos na amostra líquida (suspensão) inserida na alimentação do secador, de acordo com a Equação 1.

$$Rs (\%) = \frac{m_{pó}}{m_{liq}} \times 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

Em Eq. 1, Rs é o rendimento da secagem (%), $m_{pó}$ é a massa do pó e m_{liq} é a massa de sólidos presentes no extrato.

2.8 Análises físicas e químicas

2.8.1 Umidade

A determinação da umidade foi obtida pelo método descrito por IAL (2008), brevemente foram pesados 0,5 g do pó em cadinho previamente tarado e seco. Em seguida o material foi colocado em estufa com temperatura de 105 °C até adquirir peso constante. A umidade foi calculada e apresentada de acordo com a Equação 2.

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{m_{am} - m_f}{m_{am}} \times 100\% \quad (\text{Eq. 2})$$

Em Eq. 2, m_{am} é a massa inicial da amostra e m_f é a massa da amostra depois da secagem.

2.8.2 Atividade de água (A_w)

A atividade de água foi determinada em higrômetro digital (Aqualab, Decagon Devices Inc., EUA), previamente calibrado com água destilada ($A_w = 1,000$) e soluções salinas saturadas de nitrato de magnésio ($A_w = 0,529$) e de cloreto de lítio ($A_w = 0,113$), sob temperatura controlada (25°C).

2.8.3 Densidade aparente

Para determinar a densidade aparente, 2,0 g de pó foi pesado e colocado em uma proveta graduada de 10 mL. A amostra foi delicadamente compactada por 10 batidas em manta de borracha de uma altura de 15 cm (Farmacopéia Brasileira, 1977). Com os dados de volume e de massa foi calculada a densidade aparente.

2.8.4 Solubilidade

A solubilidade foi estabelecida pelo método descrito por Santhalakshmy et. al. (2015) com modificações. 0,5 g de pó foi homogeneizado em 50 mL de água destilada, usando Ultra-

Turrax à 18000 rpm, por 5 minutos. Em seguida, a mistura foi centrifugada à 3000 rpm por 5 minutos, sendo retirado 25 mL do sobrenadante e colocados em placas de Petri previamente taradas. As placas foram levadas à estufa com circulação de ar a 105 °C por 24 horas. Após 24 horas as amostras foram pesadas em balança analítica e a solubilidade calculada pela Equação 3.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{m_f - m_{\text{placa vazia}}}{m_{\text{amostra}}} \times 2 \times 100\% \quad (\text{Eq. 3})$$

Em Eq. 3, m_f é a massa final após as 24 horas a 105 °C, $m_{\text{placa vazia}}$ é a massa da placa de petri tarada e vazia e m_{amostra} é a massa da amostra utilizada para a preparação da solução.

2.8.5 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada pelo método GEA Niro No. A 14a (2005), com modificações. Cápsulas contendo 0,5 g do produto em pó foram armazenadas em dessecador contendo solução saturada de NaCl com atividade de água de 0,753, a fim de estabelecer um microambiente com umidade relativa de 75,3%. O dessecador manteve-se hermeticamente fechado por sete dias a 25 °C. Após esse tempo, as cápsulas contendo as amostras foram pesadas e a higroscopicidade foi calculada pela Equação 4.

$$\text{Higroscopicidade (\%)} = \frac{(\%WI + \%FW)}{100 + \%WI} \times 100\% \quad (\text{Eq. 4})$$

Em Eq. 4, %WI é a porcentagem de água absorvida e %FW são a porcentagem de água livre.

2.9 Determinação da cor

A cor das amostras foi determinada em colorímetro portátil Konica Minolta CR400, com ângulo de visão de 10° e iluminante D65. Foi realizado em 8 pontos da amostra em pó as leituras das coordenadas L^* , a^* , b^* do sistema CIELab, os resultados foram apresentados pelo valor médio das leituras de seis pontos das amostras em pó. O valor L^* representa a luminosidade ou claridade da amostra, numa escala de 0 (preto) a 100 (branco), o valor a^* representa do vermelho (+60) ao verde (-60) e o valor b^* que representa do amarelo (+60) ao azul (- 60). A saturação da cor (C^*) foi calculado com a Equação 5.

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \quad (\text{Eq. 5})$$

2.10 Morfologia das partículas

A morfologia das partículas do pó foi analisada por microscopia óptica contendo uma câmera fotográfica (Nikon Eclipse – 200) acoplada. Para análise, uma alíquota da amostra foi

adicionada de uma gota de água e colocada em lâmina, coberta por lamínula e avaliada nos aumentos de 100x, 400x e 1000x.

2.11 Compostos bioativos

2.11.1 Compostos fenólicos totais e Flavonóides totais

As concentrações de fenóis, foram quantificadas pelo método proposto por Lin e Tang 2007. As amostras A, L1 e L2 foram solubilizadas em água ultrapura para resultar na concentração de 10 µg/mL. Em tubos de ensaio foram adicionados 0,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (1:10 v/v), 1,5 mL de bicarbonato de sódio aquoso a 2% (m/v) e 0,5 mL de ácido gálico em diferentes concentrações (10, 20, ..., 100 µg/mL). Após 30 min em ausência de luz, a absorbância foi medida a 765 nm em espectrofotômetro. A concentração foi expressa em miligramas equivalente de ácido gálico por grama de extrato (EAG), utilizando-se a equação da curva de ácido gálico ($y = 0,8909x + 0,0098$; $R=0,992$) para compostos fenólicos. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

Para a determinação de flavonoides foram adicionados em tubos de ensaio 1,5 mL de etanol (95%), 0,10 mL de cloreto de alumínio a 10% (m/v), 0,10 mL de acetato de sódio (1 mol.L), 2,8 mL de água destilada e 0,5 mL de quercetina em diferentes concentrações (10 a 100 µg/mL) Após incubação por 40 min, a absorbância foi medida a 415 nm em espectrofotômetro. Para calcular a concentração de flavonóides, foi elaborada uma curva de calibração para obter a equação linear, utilizando a quercetina como padrão, e o resultado foi expresso em equivalentes de quercetina (EQ) em mg/g de extrato. A equação da curva de quercetina foi $y = 0,733x + 0,0322$, com coeficiente de correlação $R = 0,9974$, para flavonoides. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

2.11.2 Capacidade antioxidante

2.11.2.1 Difenil-2-picril hidrazil (DPPH)

O ensaio foi realizado em triplicata de cada amostra e do controle, em diferentes concentrações de acordo com Formagio et al., (2014). As amostras A, L1 e L2 foram analisadas utilizando o reagente DPPH. Várias concentrações das amostras foram diluídas em MeOH e adicionadas a 2 mL de solução de DPPH recém-preparada (4,7 mg em 75 mL de MeOH). A mistura foi agitada e deixada em repouso à 25 °C sob ausência de luz. Após 30 min, a absorbância foi medida em 517 nm. Uma solução de DPPH sem adição das amostras foi usada como controle. A densidade óptica do DPPH nas amostras em relação ao sistema controle foi

utilizada para calcular a atividade antioxidante como porcentagem de inibição (I%) do radical DPPH, de acordo com a Equação 6.

$$I(\%) = \left[\frac{(Ab-As)}{Ab} \right] / 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

Em Eq. 6, Ab é a absorbância da amostra em branco após 30 min ($T_{30\text{min}}$), As é a absorbância da amostra inicial ($T_{0\text{min}}$).

2.11.2.2 Azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6 sulfônico) (ABTS)

As amostras A, L1 e L2 foram analisadas em reagente ABTS, 7,0 mmol/L de acordo com Re et. a., (1999). O radical ABTS e 140 mmol/L de persulfato de potássio foram misturados e mantidos no escuro por 16 h em temperatura de 25 °C. Antes do uso, a solução ABTS+ foi diluída com etanol até que a solução apresentasse absorbância de $0,700 \pm 0,05$, a 734 nm. Três mililitros de solução ABTS+ foram adicionados a 30 µL de soluções de diferentes concentrações da amostra e a absorbância foi medida em 734 nm, após 6 min. O BHT (hidroxitolueno butilado) foi usado como controle positivo. A densidade óptica do ABTS+ nas amostras em relação ao sistema controle foi utilizada para calcular a atividade antioxidante como porcentagem de inibição (I%) do radical ABTS, de acordo com a Equação 7.

$$I(\%) = \left[\frac{(Ab-As)}{Ab} \right] / 100 \quad (\text{Eq. 7})$$

Em Eq. 7, Ab é a absorbância da amostra em branco após 6 min ($T_{6\text{min}}$) a 734 nm, As é a absorbância da amostra inicial ($T_{0\text{min}}$) a 734 nm.

2.12 Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata, os dados foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA). Para a comparação entre as médias, foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância com o auxílio do programa Statistica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sólidos solúveis totais (SST)

O extrato de *Guettarda viburnoides* conteve 14% de sólidos solúveis totais, enquanto a suspensão constituída de agentes carreadores maltodextrina (8%), goma arábica (8%), quitosana (8%), extrato (60%) e água destilada (16%), obteve sólidos solúveis totais de 18%. Devido a secagem promover a evaporação da água e concentrar o teor de sólidos solúveis

presentes na amostra, para se obter maior rendimento na secagem, é necessário cerca de 22% de sólidos solúveis presentes na amostra (Almeida et. al., 2021).

3.2 Rendimento do processo de secagem

Na Tabela 1 é apresentado o rendimento da desidratação por atomização e liofilização do extrato das folhas de *G. viburnoides*.

Tabela 1 - Rendimento do produto em pó de folhas de *Guettarda viburnoides* obtidas por atomização com agentes carreadores (A), liofilização com agentes carreadores (L1) e liofilização sem agentes carreadores (L2).

Amostra	Rendimento da desidratação (%)		
	A	L1	L2
Extrato de folhas de <i>G. viburnoides</i>	3,400	11,543	4,198

O rendimento do produto desidratado por atomização (A) do extrato de *G. viburnoides* foi menor ao rendimento obtido na secagem por liofilização (L1 e L2). Em parte, o baixo rendimento da amostra A pode ser justificado à aderência das partículas na câmara de secagem e ao ângulo de saída das partículas do bocal do atomizador que é de aproximadamente 55°, influenciando na redução de massa global do processo (Bassani et. al., 2022). A amostra L1 obteve maior rendimento que L2, possivelmente pela adição dos agentes carreadores que possibilitaram aumento dos sólidos solúveis presentes na suspensão.

Ortega (2019), estudou a secagem por atomização de polpa de guavira e obteve rendimento de 26,33%, a autora utilizou como agentes carreadores a maltodextrina, goma arábica e quitosana, a suspensão relatada apresentou 30% de sólidos solúveis e as condições do processo foram: bico aspersor de 1,5 mm, temperatura de entrada do ar de 180 °C, temperatura de saída de 120 °C e vazão do ar de secagem de 35L/ min. Embora no presente estudo tenham sido utilizados os mesmos agentes, as concentrações e a quantidade de sólidos solúveis da suspensão foi menor na atomização do extrato de folhas de *G. viburnoides*, o que também justifica, em parte, o menor rendimento obtido.

Silva (2018), estudou a secagem por liofilização de polpa de maracujá azedo, sendo obtido rendimento de 12,99%, próximo ao encontrado para a *G. viburnoides*. A polpa de maracujá tem menos sólidos que a polpa de guavira, onde constituintes como vitaminas, minerais solúveis, fibras solúveis e pigmentos estão presentes em maior quantidade que na

polpa de maracujá, levando a considerar a influência dos sólidos solúveis presentes nas suspensões no rendimento.

3.3 Características físicas e químicas do extrato de folhas de *Guettarda viburnoides* desidratados

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do conteúdo de umidade, atividade de água, densidade aparente, solubilidade e higroscopicidade das amostras de extrato de *G. viburnoides* em pó.

Tabela 2 – Umidade, atividade de água, densidade aparente, solubilidade e higroscopicidade do produto em pó de folhas de *G. Viburnoides* obtidas por atomização com agentes carreadores (A), liofilização com agentes carreadores (L1) e liofilização sem agentes carreadores (L2).

Análises	A	L1	L2
Umidade (%)	3,613 ^{a,b} ±0,172	3,308 ^b ±0,117	4,041 ^a ±0,321
Atividade de água (Aw)	0,410 ^a ±0,006	0,376 ^b ±0,003	0,380 ^b ±0,002
Densidade aparente (g/cm³)	0,334 ^b ±0,002	0,402 ^a ±0,002	0,287 ^b ±0,001
Solubilidade (%)	84,472 ^b ±1,233	88,200 ^b ±0,849	97,786 ^a ±1,015
Higroscopicidade (%)	13,491 ^c ±0,807	15,211 ^b ±0,184	23,822 ^a ±0,482

Resultados expressos pelo valor médio de 3 repetições e desvio padrão. Letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de significância ($P \leq 0,05$).

O menor percentual de umidade foi encontrado na amostra liofilizada com agentes carreadores (L1). No entanto, todas as amostras estudadas apresentaram percentual de umidade satisfatório, que condiz com o esperado para produtos desidratados. Segundo Quek et. al. (2007), a utilização de agentes carreadores possibilita o aumento do teor de sólidos solúveis, ocasionando em diminuição do teor de umidade presente no material.

Segundo Franco & Landgraf (2008) e Kerr (2019), o valor da atividade de água considerado como limitante para a multiplicação de microrganismos em um alimento é 0,60, já leveduras têm o crescimento comprometido com atividade de água menor a 0,75 e os bolores com atividade de água abaixo de 0,7. Portanto, de acordo com a Tabela 2 os produtos desidratados do extrato das folhas de *G. viburnoides*, independentemente da técnica de secagem utilizada, apresentaram pós com baixa atividade de água, o que favorece à estabilidade do produto, desde que sejam mantidos em embalagem e condições de armazenamento adequadas.

Em relação a densidade aparente, a amostra L1 obteve maior densidade (0,402 g/cm³), sendo considerado um pó leve, seguido pela amostra A (0,334 g/cm³) e L2 (0,287 g/cm³). O

aumento da densidade aparente em amostras contendo agente carreador é ocasionada pela adição de carreadores com alto peso molecular, gerando menor volume ocupado e maior densidade dos pós (Maciel et. al., 2020). Não é desejável produto em pó com menor densidade devido ao maior volume a ser ocupado nas embalagens (Santana, 2017). Silva et. al. (2021), obtiveram em seu estudo 0,399 g/ cm³ (15% de maltodextrina) e 0,411 g/cm³ (20% de maltodextrina) de densidade aparente na secagem por liofilização de polpa de jambo, resultado semelhante ao encontrado em L1 e que indica que quanto maior a adição de agente carreador, maior será a densidade aparente dos pós.

Os pós obtidos nesse estudo apresentaram alta solubilidade, como informado na Tabela 2, variando de 84,472% a 97,786%. A amostra L2 apresentou maior solubilidade e higroscopicidade, sendo considerada mais porosa que L1 e A, respectivamente. A amostra A não apresentou diferença de 5% de significância ($P \leq 0,05$) com L1 em relação a solubilidade. De acordo com Sharma et al. (2012), a solubilidade é um fator importante a ser considerado em alimentos industrializados, pois pós pouco solúveis ocasionam dificuldades para serem processados.

Guedes (2018), avaliou a solubilidade de pós obtidos de secagem por atomização de extrato de semente de acerola verde, utilizando como agentes carreadores a maltodextrina e goma arábica, onde obteve valores de solubilidade acima de 89%, semelhante aos encontrados no presente estudo.

A higroscopicidade de um pó é o seu teor de umidade de equilíbrio após ser exposto ao ambiente úmido em determinadas condições (GEA Niro, 2005). De acordo com Gea Niro, a higroscopicidade de um material em pó, pode ser classificada conforme apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação da higroscopicidade de um produto.

HIGROSCOPICIDADE	
Não higroscópico	<10%
Ligeiramente higroscópico	10,1 – 15%
Higroscópico	15,1 – 20%
Muito higroscópico	20,1 – 25%
Extremamente higroscópico	>25%

Fonte: GEA Niro Laboratório de pesquisa (2005).

Analisando os resultados obtidos no presente estudo, o produto em pó obtido na desidratação por atomização a partir dos extratos de folhas de *G. viburnoides* (A) pode ser considerado como produto “ligeiramente higroscópico” uma vez que o valor da higroscopicidade foi de 13,49%, portanto, o mesmo absorve menos umidade do ambiente, proporcionando pós com menos formação de grumos. As amostras L1 (15,21%) e L2 (23,82%), foram consideradas “higroscópica” e “muito higroscópica”, respectivamente.

As diferenças de higroscopicidade podem estar relacionadas com as características e concentração dos agentes carreadores, além das características de cada produto, como o teor de umidade, por exemplo (Ferrari et. al., 2012; Buratto, 2018; Alves et. al., 2020).

Segundo Ortega (2019), a higroscopicidade é a capacidade da amostra em absorver umidade do ambiente, portanto é uma propriedade importante a ser considerada na estabilidade de alimentos.

Freitas et. al. (2019), estudou o efeito da maltodextrina na polpa de abacaxi atomizado, obtendo higroscopicidade de 2,60% em formulações com 20% de maltodextrina. Alves et. al. (2020), analisou a secagem por liofilização de polpa de pitaiá e constatou higroscopicidade de 6,83%, em formulações contendo mistura de maltodextrina (50%) e goma arábica (50%) como agente carreador.

3.4 Determinação da cor

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios das coordenadas de cor do produto em pó de extrato de folhas de *G. viburnoides* desidratado por atomização e liofilização.

Tabela 4 – Estabilidade da cor do produto em pó do extrato de folhas de *G. viburnoides* obtido por atomização durante o armazenamento.

Amostra	L*	a*	b*	C*
A	49,18 ^a ±0,40	3,56 ^c ±0,04	21,35 ^c ±0,12	21,65 ^b ±0,13
L1	40,54 ^c ±0,46	4,43 ^b ±0,07	22,61 ^b ±0,19	23,04 ^a ±0,19
L2	43,47 ^b ±0,22	8,75 ^a ±0,28	25,74 ^a ±0,32	21,19 ^c ±0,38

Parâmetros de cor claridade (L*), cromaticidade a* (vermelho) e b* (amarelo) e saturação da cor (C*). Resultados expressos pelo valor médio de 8 repetições e desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de significância ($P \leq 0,05$).

A cor é um dos atributos mais utilizados na avaliação da qualidade de um produto, pois a aparência do produto é um fator primordial para a aceitabilidade do consumidor. (Jafari et al., 2017). De acordo com a Tabela 4, houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) em todos os

parâmetros de cor. Os resultados do parâmetro L^* indicaram que a amostra atomizada (A) é mais clara que as liofilizadas (L1 e L2). A cor predominante de ambas as secagens foi amarela (b^*), sendo a amostra L2 com maior evidência dessa coloração, consequentemente a saturação da cor C^* foi semelhante aos resultados de b^* , pois a cor predominante das amostras foi o amarelo. Kronbauer et. al. (2019), na atomização de suco de cenoura a 160 °C demonstrou que os parâmetros de cor não apresentaram diferenças significativas ($P \leq 0,05$), sendo considerado o processo de desidratação por atomização eficiente.

O aspecto visual dos produtos em pó obtidos a partir dos extratos de folhas de *G. viburnoides* são apresentados na Figura 1.

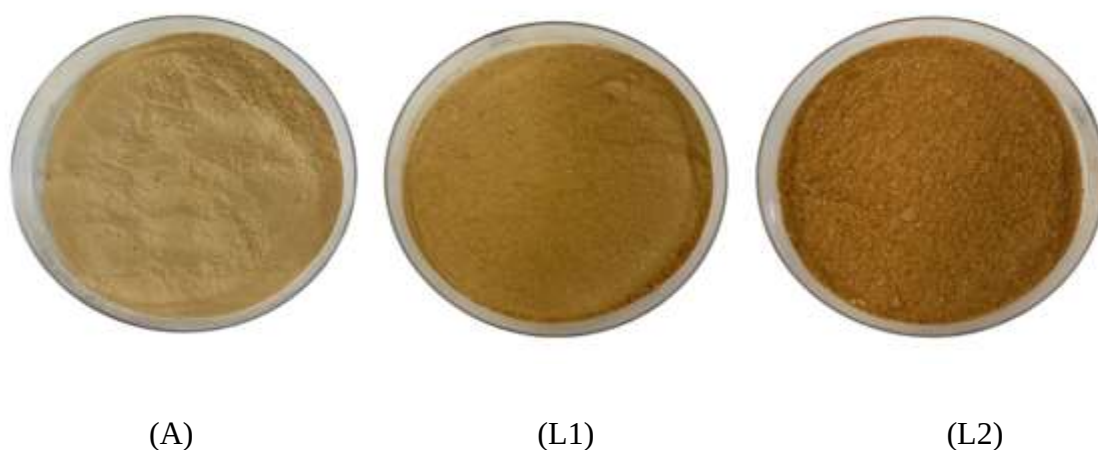


Figura 1 – Produto em pó de extrato de folhas de *G. viburnoides* atomizadas (A), liofilizada com carreadores (L1) e liofilizada sem carreador (L2).
Fonte: Autores (2022).

De acordo com a Figura 1, nota-se que a análise instrumental de cor está de acordo com a análise visual da cor das amostras. Os pós apresentaram diferença visual na coloração, que variou de bege a marrom. Os compostos fenólicos presentes no extrato podem ter influenciado na coloração dos pós para um aspecto mais escuro. No entanto, a adição dos agentes carreadores presentes na amostra A e L1, podem ter influenciado na cor do produto, obtendo-se pós com coloração mais clara e partículas finas. A amostra A apresentou-se ainda mais clara que L1, pois além de possuir os mesmos agentes carreadores, também passou por processo de atomização a alta temperatura em contato com o oxigênio, o que possibilitou um maior clareamento da amostra (Figura 1).

3.5 Morfologia das partículas

Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas o aspecto morfológico das partículas do extrato de *G. viburnoides*, analisada por microscopia óptica. De acordo com Almeida et. al. (2021), a secagem por atomização fornece partículas de tamanho e formato variados, com superfície lisa e formato esférico.

A secagem por atomização de *G. viburnoides* proporcionou formação de partículas com formato esférico contendo núcleo (extrato), portanto os agentes carreadores utilizados auxiliaram na formação de cápsulas e a secagem por atomização não influenciou na quebra e ruptura das cápsulas (Figura 2). De acordo com a Figura 2 e Figura 3, a liofilização (L1 e L2) promoveu a formação de pequenas partículas esféricas com aspecto poroso, sendo a maioria de forma aglomerada, possivelmente um aglomerado de cápsulas, Rezende et al. (2018), constatou as mesmas características morfológicas na secagem por liofilização de extrato de polpa e resíduo de acerola.

Buratto (2018), verificou na microencapsulação de polpa de feijoa, que ao utilizar baixa concentração de maltodextrina e goma arábica (10%) em baixa temperatura (90 °C), a secagem por atomização proporcionou a formação de partículas aglomeradas e aderentes, com formatos irregulares e paredes lisas, enquanto utilizando temperatura de 150 °C com mesmo percentual de agente carreador resultou em partículas levemente irregulares com superfícies lisas.

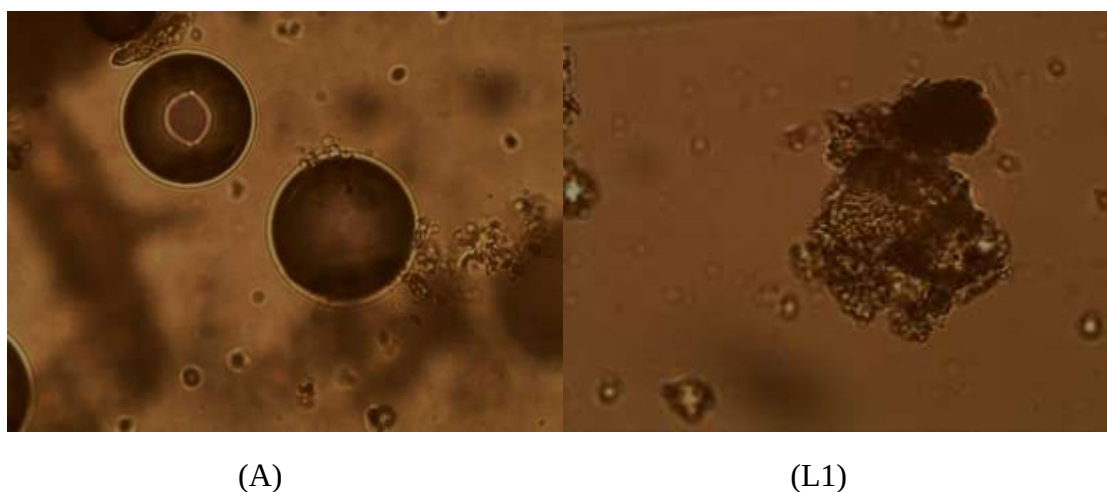


Figura 2 - Micrografia de extrato de folhas de *G. viburnoides* desidratada por atomização (A) e liofilização com agentes carreadores (L1). Aumento de 400x.
Fonte: Autores (2022).



Figura 3 - Micrografia de extrato de folhas de *G. viburnoides* desidratada por e liofilização sem agentes carreadores (L2). Aumento de 400x.

Fonte: Autores (2022).

3.6 Compostos bioativos

3.6.1 Compostos fenólicos

A amostra do extrato aquoso de *G. viburnoides* liofilizado (L2) apresentou a presença de compostos fenólicos ($664 \pm 1,30$ mg GAE/g extrato), enquanto a amostra atomizada com agentes carreadores (A) e liofilizada com agentes carreadores (L2) apresentaram $504,64 \pm 1,02$ mg de ácido gálico por g de extrato, uma redução em torno de 24% se comparada a amostra L2. A similaridade entre as amostras A e L1 pode ser justificada pois em ambos os processos de secagem foi realizada apenas a remoção da água sem interferir na composição dos conteúdos da amostra. O mesmo ocorreu para os resultados de flavonóides, sendo L2 (165.1 ± 1.84 mg quercitina/g extrato) apresentando maior presença de flavonóides, A e L1 demonstraram o mesmo resultado (125.4 ± 2.37 mg quercitina/g extrato). Em várias espécies deste gênero tem sido relatada a presença de flavonóides e compostos fenólicos (Aquino et al., 1988; Testa et. al., 2012; Oliveira et al., 2013). Os fenólicos simples são conhecidos como antioxidantes devido à sua capacidade de eliminar radicais livres e espécies reativas de oxigênio, como oxigênio singlete, superóxido e radicais hidroxila. É atribuída à substituição de grupos hidroxila nos sistemas de anéis aromáticos como resultado de sua capacidade de doação de hidrogênio (Naczki, & Shahidi, 2004).

3.6.2 Capacidade antioxidante

As amostras do extrato aquoso de *G. viburnoides*, foram avaliadas pelos reagentes DPPH e ABTS, que demonstraram valores de IC_{50} (capacidade do agente antioxidante de sequestrar 50% dos radicais livres DPPH presentes na solução). Os resultados com o reagente DPPH para A e L1, foram IC_{50} de $45 \pm 1,78$ μ g /mL e para L2 IC_{50} de $55,8 \pm 1,96$ μ g /mL, tendo como

controle positivo BHT $16,78 \pm 1,34 \mu\text{g/mL}$. Enquanto que, para o teste de ABTS os valores de IC_{50} foram de $75,10 \pm 8,87 \mu\text{g/mL}$ para as amostras A e L1 e $93,13 \pm 9,25 \mu\text{g/mL}$ para L2 tendo como controle positivo BHT $91,20 \pm 4,54 \mu\text{g/mL}$. Os resultados deram iguais para A e L1 em ambos os métodos, pois os agentes carreadores não possuem função antioxidante e indicam que a atividade antioxidante do extrato de *Guettarda viburnoides* em diferentes secagens pode ser atribuída em parte ao maior teor de compostos fenólicos. Naressi et al. (2015) relataram que o extrato metanólico de *G. viburnoides*, a fração acetato de etila, a fração aquosa-metanol e o grandiflorosídeo (secoiridóide isolado) apresentaram propriedades antioxidantes significativas com IC_{50} variando de 18,92 a 26,47 mg/mL. Essa diferença, no presente estudo, pode ser atribuída em parte à adição de carreadores, a temperatura elevada no processo de secagem por atomização, extração com metanol, pois é mais exaustiva, extraíndo assim mais compostos em maiores quantidades.

4 CONCLUSÃO

O extrato de *G. viburnoides* desidratado por atomização com agentes carreadores forneceu cápsulas esféricas com baixa umidade e atividade de água, com densidade e solubilidade semelhante ao produto liofilizado e com menor higroscopicidade, fornecendo condições adequadas para sua conservação prolongada. A secagem por atomização, apesar da alta temperatura de processo, foi eficiente na retenção de compostos fenólicos e flavonóides e apresentou atividade antioxidante semelhante ao L1. Conclui-se que os extratos em pó obtidos por *spray drying* e liofilização apresentam potencial para serem utilizados na formulação de suplementos, fármacos e cosméticos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, T. C.; Silva, V. A.; Ferreira, H. S. (2021). Efeito do agente carreador na obtenção e caracterização do suco de laranja a (*citrus sinensis*) por atomização. **Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e49410212739.
- Alves, T. B.; Afonso, M. R. A.; Costa, J. M. C. (2020). Efeitos da adição de agentes carreadores sobre o pó da polpa de pitaiá vermelha (*H. polyrhizus*) liofilizada. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e950986105.
- Aquino, R., De Simone, F., Pizza, C., Cerri, R., & De Mello, J. F. (1988). Quinovic acid glycosides from *Guettarda platypoda*. **Phytochemistry**, 27(9), 2927–2930.
- Bassani A, Carullo D, Rossi F, Fiorentini C, Garrido GD, Reklaitis GVR, et al. (2022). Modeling of a spray-drying process for the encapsulation of high-added value extracts from food by-products. **Computers & Chemical Engineering**. 161:107772.

Buratto, A. P. (2018). **Mircoencapsulação de polpa de feijoa (*Acca sellowiana*) pelo processo de secagem por atomização (*spray drying*)**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

Farmacopéia brasileira. 3ª.ed. São Paulo (Brasil): Andrei; 1977.

Ferrari, C. C., Ribeiro, C.P., Aguirre, J. M. (2012). Secagem por atomização de polpa de amora preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, 15 (2), 157-165.

Ferreira L. K. N., Pedroso N. A., Oliveira J. R., Antiqueira L. M. O. R. (2022). Plantas Medicinais do Cerrado dos Campos Gerais. Biodiversidade Brasileira – **BioBrasil**, 12(1), 309–17.

Formagio, A.S.N., Masetto, T.E., Vieira, M.C., Zárate, N. A. H., Matos, A. I. N., Volobuff, C. R. F. (2014). Allelopathic and antioxidant potential of plants extracts. **Journal of Biosciences**, 30, 629–638.

Franco, B. D. G. M.; Langraf, M. (2008). **Microbiologia dos alimentos**. 1 ed., p. 196.

Freitas, E. F. M., Lopes, L. L., Alves, S. M. F. (2019). Campos, A. J. Efeito da maltodextrina no sumo da polpa de abacaxi “perola” atomizado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 275-282.

GEA Niro Research Laboratory. **GEA Niro Method** No. A 14 a. 2005.

Guedes, T. J. F. L. (2018). **Caracterização bioativa e atividade antioxidante de frutos e subprodutos de acerola verde: influência de matrizes encapsulantes e dos parâmetros de processo**. [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/16116>

Gumz, P. P. S. M. (2021). **Modelagem matemática e determinação do coeficiente difusivo do processo de secagem de folhas de *Malva sylvestris* L.** [citado 2 de outubro de 2022]. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/28915/1/modelagemcoeficientedifusivomalva.pdf>

IAL - INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz**. 3ª ed. São Paulo (Brasil); 2008.

Jafari, S. M.; Ghalenoei, M. G.; Dehnad, D. (2017). Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v.31, p.59–65.

Kerr, W. L. (2019). Food Drying and Evaporation Processing Operations. **Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering**, 3 ed., 353–387.

Kronbauer, N. R.; Goi, C. H.; Da Rosa, D. J.; Pereira, F. C. (2019). **Secagem do suco de cenoura *Daucus Carota* L. por atomização em spray dryer: caracterização físico-química e bioativa em diferentes temperaturas de secagem**. INIJUI.

- Lin, J., Tang, C. (2007) Determination of Total Phenolic and Flavonoid Contents in Selected Fruits and Vegetables, as Well as Their Stimulatory Effects on Mouse Splenocyte Proliferation. **Food Chemistry**, 101, 140-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.014>
- Maciel, R. M. G., Lima, S. B. de, Costa, J. M. C. da, Afonso, M. R. A. (2020). Influência da maltodextrina nas propriedades de escoamento do pó da polpa de cupuaçu / Influence of maltodextrin on the flow properties of the cupuaçu pulp powder. **Brazilian Journal of Development**, 6(2), 5829–39.
- Martins, F. P., Neto, J. C. B., Silva, A. J. O., Siqueira, A. M. de O. (2020). Secagem: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, 6(4), 0600–0607i.
- Mendonça, A. J. N. (2021). **Técnicas de secagem para estabilização de produtos biofarmacêuticos**. [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/bitstream>
- Mezhericher, M., Levy, A., Borde, I. (2010). Spray drying modelling based on advanced droplet drying kinetics. **Chemical Engineering and Processing**, 49, 1205–13.
- Naczek, M., & Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, 1054(2), 95–111. DOI:10.1016/s0021-9673
- Naressi, M.A., Manholer, D.D., Ames, F.Q., Amado, C.A.B., Formagio, A.S.N., Pereira, Z.V., Costa, W.F., Baldoqui, D.C., Sarragiotto, M.H. (2015). Chemical constituents, anti-inflammatory, and free-radical scavenging activities of *Guettarda viburnoides* Cham. & Schltdl. (Rubiaceae). **Quim. Nova**, 38(7), 932-936. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20150093>.
- Nascimento, R. de J. (2022). **Elaboração e caracterização de microcápsulas obtidas a partir de extratos de folhas de moringa fermentada e não fermentada**. [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/16209>.
- Oliveira, P.R.N., Testa, G., Medina, R.P., Oliveira, M.A., Kato, L., Silva, C.C., Carvalho, J.E., Santin, M.O. (2013). Cytotoxicity activity of *Guettarda pohlinana* Müll. Arg. (Rubiaceae). **Nat Prod Res**, 27(18), 1677-1681.
- Ortega N de F. (2019). **Microencapsulação por spray drying de *Campomanesia* sp. com diferentes bicos aspersores e incorporação de polpa verde de bocaiuva como agente carreador para retenção de compostos bioativos**. [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2560>
- Pereira, K. C., Ferreira, D. C. M., Alvarenga, G. F., Pereira, M. S. S., Barcelos, M. C. S., Costa, J. M. G. (2018). Microencapsulação e liberação controlada por difusão de ingredientes alimentícios produzidos através da secagem por atomização: revisão. **Braz. J. Food Technology**, 21(0), e2017083.
- Quek, S. Y., Chok, N. K., Swedlund, P. (2007). **The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder**. [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: <https://researchspace.auckland.ac.nz/handle/2292/15215>

- Ramos, E. C., Monteiro, L. J. (2019). **Plantas Medicinais dos Campos Gerais: patrimônio natural, histórico e cultural da região**. [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23928/1/PG_COLIC_2019_2_07.pdf
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **National Library of Medicine**. 26(9-10):1231-7.
- Rezende, Y. R. R. S.; Nogueira, J. P.; Narain, N. (2018). Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, v. 254, p. 281-291.
- Ribeiro, D. A., Oliveira, L. G. S., Macêdo, D. G., Menezes, I. R. A., Costa, J. G. M., Silva, M. A. P., et al. (2014). Promising medicinal plants for bioprospection in a Cerrado area of Chapada do Araripe, **Northeastern Brazil**. **J Ethnopharmacol**, 155(3), 1522–33.
- Rodrigues, T. S., Guimarães, S.F., Rodrigues-Das-Dôres, R. G., Gabriel, J. V. (2011). Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo). **Rev bras plantas med**, 13, 587–90.
- Santana, A. A., Martin, L.G.P., Oliveira, R.A., Kurozawa, L.E., Park, K.J. (2017). Spray drying of babassu coconut milk using different carrier agents, **Dry. Technol.** 35, 76–87. doi:10.1080/07373937.2016.1160111.
- Santhalakshmy, S., Bosco, S. J. D., Francis, S., Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, 274, 37–43.
- Sharma, A., Jana, A. H., Chavan, R. S. (2012). Functionality of Milk Powders and Milk-Based Powders for End Use Applications—A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 11(5), 518–28.
- Silva, J. D. C. (2018). **Análise histórica sobre os métodos de conservação dos alimentos**. [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: <https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/213354/ANLISE%20HISTORICA%20SOBRE%20OS%20MTODOS%20DE%20CONSERVAO%20DOS%20ALIMENTOS.pdf>
- Silva, V. M. de A., Santos, N. C., Almeida, R. L. J., Ribeiro, V. H. de A., Santiago, Â. M., Mota, M. M. de A. (2021). **Coleção Frutas: estudos avançados**. v.1. [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27060>
- Tadini, C. C., Telis, V. R. N., Meirelles, A. J. A., Pessoa-Filho, PA. (2016). **Operações unitárias na indústria de alimentos**. v. 2, 484. Rio de Janeiro (Brasil): LTC.
- Testa, G., Oliveira, P. R. N. de, Silva, C. C. da., Schuquel, I. T. A., Santin, S. M. de O., Kato, L., Bersani-Amado, C. A. (2012). Constituintes químicos das folhas e avaliação da 64 atividade anti-inflamatória de extratos das raízes e folhas de *Guettarda pohliana* Müll. Arg. (*Rubiaceae*). **Química Nova**, 35(3), 527–529.

Valério, D. B. (2021). **Avaliação da qualidade pós-colheita de pequi minimamente processado (*Caryocar brasiliense Camb.*) submetido ao armazenamento em diferentes temperaturas e embalagens; e caracterização de frutos de diferentes genótipos.** [citado 2 de outubro de 2022]; Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/42533>.

Vargem, D. S., Braz, V. S., Lemes, E. O., Peixoto, J. C. (2022). Plantas medicinais do Cerrado: estudos etnobotânicos e etnofarmacológicos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, e595111033149, 2022.