INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT)

ENGENHARIA QUÍMICA

ESTUDO DE MÉTODOS DE SECAGEM DE PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCS) PARA OBTENÇÃO DE FARINHAS DESTINADAS À MERENDA ESCOLAR

DANIELA DE QUADROS PEDROSO

Foz do Iguaçu
2025

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO (ILATIT)

ENGENHARIA QUÍMICA

ESTUDO DE MÉTODOS DE SECAGEM DE PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCS) PARA OBTENÇÃO DE FARINHAS DESTINADAS À MERENDA ESCOLAR

DANIELA DE QUADROS PEDROSO

Trabalho de Conclusão de Curso, no formato de artigo, apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Andréia Cristina Furtado
Coorientadora: Profa. Dra. Marcela Boroski

Foz do Iguaçu
2025

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

DANIELA DE QUADROS PEDROSO

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROCESSOS DE SECAGEM NOS COMPOSTOS BIOATIVOS DE FARINHAS DE PANCs

Trabalho de Conclusão de Curso, no formato de artigo, apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA

_____
Orientadora: Profa. Dra. Andréia Cristina Furtado
UNILA

_____
Coorientadora: Profa. Dra. Marcela Boroski
UNILA

_____
Profa. Dra. Ivana Helena da Cruz
UNILA

Foz do Iguaçu, _____ de _____ de _____.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Aos meus pais, Maria Luiza e José Carlos.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Maria Luiza e José Carlos, por todas as renúncias feitas que permitiram que eu tivesse uma boa vida e educação, por todos os colos da minha mãe e por todos os churrascos de domingo ao lado do meu pai, que me mantiveram firme até aqui. Agradeço também aos meus irmãos, Daiana e Daniel, por acreditarem em mim e estarem presentes em cada etapa.

À Emellyn, pelo companheirismo nos dias difíceis e pela amizade, que levarei comigo para sempre. Aos meus amigos, Mohamad, por nunca perder a chance de contar uma boa piada, e Tassius, por estar presente desde o início da trajetória acadêmica. A todos os amigos que a faculdade me proporcionou, muito obrigada.

Ao meu grande amigo, Gabriel, por estar ao meu lado em todos os momentos, pelas músicas compartilhadas e sabedoria de sempre.

À Verónica, por toda a disposição e apoio na realização das análises.

Ao CMEI Celeste Sottomaior, pela parceria na realização deste trabalho, em especial ao Wilson, pela disponibilidade e pelo fornecimento das amostras utilizadas.

À minha orientadora e professora, Andréia, pelos ensinamentos durante todos esses anos e pelo suporte durante a realização deste trabalho. À professora Marcela, pelo conhecimento compartilhado, suporte constante e pelas oportunidades oferecidas ao longo dos anos de iniciação científica. Sua orientação foi fundamental para o meu desenvolvimento acadêmico e para a construção da profissional que me torno a cada dia.

Por fim, agradeço à Unila, pelo conhecimento transmitido e por proporcionar momentos que levarei sempre comigo.

A todos, o meu muito obrigada!

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

RESUMO

O crescente interesse por alternativas alimentares saudáveis tem impulsionado o estudo das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), que se destacam pelo alto valor nutricional e funcional. Diante do aumento da insegurança alimentar, essas plantas representam uma alternativa viável e acessível para enriquecer a dieta da população, especialmente em instituições de ensino, como os Centros Municipais de Educação Infantil (CMEIs), que têm agregado essas fontes, como farinhas à merenda escolar. Neste estudo, foi investigada a influência de diferentes processos de secagem na obtenção de compostos antioxidantes em farinhas de PANCs. Foram analisadas farinhas de almeirão roxo (*Lactuca canadenses),* beldroega *(Portulaca oleracea),* brácteas de primavera *(Bougainvillea spectabilis), celosia (Celosia argentea),*feijão-borboleta *(Clitoria ternatea),* kenaf *(Hibiscus cannabinus),* hibisco roxo *(Hibiscus acetosella),* malvavisco *(Malvaviscus arboreus)* e peixinho-da-horta (*Stachys byzantina)*. As amostras foram submetidas por secagem em estufa (45°C e 50°C), temperaturas utilizadas no CMEI Celeste Sottomaior (Foz do Iguaçu, Brasil), e por liofilização, um método comum em laboratórios e processos industriais. As amostras foram caracterizadas quanto ao teor de compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante por ABTS e FRAP. A análise estatística foi realizada por ANOVA (Análise de Variância), seguida do teste de Tukey para comparação das médias, revelando diferenças significativas entre os métodos. A liofilização apresentou os melhores resultados, exceto para algumas das análises para as amostras de malvavisco, hibisco roxo e feijão-borboleta. Além disso, a pesquisa destacou a viabilidade da secagem em estufa como uma alternativa mais acessível e com menor custo operacional para ambientes com recursos limitados, como as unidades escolares, enquanto a liofilização, embora superior na preservação, é mais cara e exige equipamentos especializados. O estudo poderá contribuir para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como o ODS 2 (Fome Zero), ao promover a utilização de PANCs como fonte alimentar, e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao oferecer alternativas sustentáveis de processamento de alimentos com baixo impacto ambiental.

Palavras-chave: merenda escolar, viabilidade, plantas alternativas, desidratação, segurança alimentar.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

RESUMEN

El creciente interés en alternativas alimentarias saludables ha impulsado el estudio de las Plantas Alimenticias No Convencionales (PANCs), que destacan por su alto valor nutricional y funcional. Ante el aumento de la inseguridad alimentaria, estas plantas representan una alternativa viable y accesible para enriquecer la dieta de la población, especialmente en las instituciones educativas, como los Centros Municipales de Educación Infantil (CMEIs), que han incorporado estas fuentes, como las harinas, a la alimentación escolar. En este estudio, se investigó la influencia de diferentes procesos de secado en la producción de compuestos antioxidantes en harinas de PANC. Se analizaron harinas de achicoria morada (Lactuca canadenses), verdolaga (Portulaca oleracea), brácteas de primavera (Bougainvillea spectabilis), celosia (Celosia argentea), guisante mariposa (Clitoria ternatea), kenaf (Hibiscus cannabinus), hibisco morado (Hibiscus acetosella), malvavisco (Malvaviscus arboreus) y (Stachys byzantina). Las muestras fueron sometidas a secado en horno (45°C y 50°C), temperaturas utilizadas en el CMEI Celeste Sottomaior (Foz do Iguaçu, Brasil), y liofilización, método común en laboratorios y procesos industriales. Las muestras se caracterizaron según el contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides y actividad antioxidante mediante ABTS y FRAP. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA (Análisis de Varianza), seguido de la prueba de Tukey para comparar medias, revelando diferencias significativas entre los métodos. La liofilización dio los mejores resultados, a excepción de algunos de los análisis para las muestras de malvavisco, hibisco morado y frijol mariposa. Además, la investigación destacó la viabilidad del secado al horno como una alternativa más accesible y con menores costos operativos para entornos con recursos limitados, como las escuelas, mientras que la liofilización, si bien superior en conservación, es más costosa y requiere equipo especializado. El estudio podría contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como el ODS 2 (Hambre Cero), al promover el uso de PANC como fuente de alimento, y el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), al ofrecer alternativas de procesamiento de alimentos sostenibles y de bajo impacto ambiental.

Palabras clave: alimentación escolar, viabilidad, plantas alternativas, deshidratación, seguridad alimentaria.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

ABSTRACT

The growing interest in healthy food alternatives has driven the study of Non-Conventional Food Plants (PANCs), which stand out for their high nutritional and functional value. In view of the increase in food insecurity, these plants represent a viable and accessible alternative to enrich the population's diet, especially in educational institutions, such as Municipal Early Childhood Education Centers (CMEIs), which have added these sources, such as flours, to school meals. In this study, the influence of different drying processes on the production of antioxidant compounds in PANC flours was investigated. Flours from purple chicory (Lactuca canadenses), purslane (Portulaca oleracea), spring bracts (Bougainvillea spectabilis), celosia (Celosia argentea), butterfly pea (Clitoria ternatea), kenaf (Hibiscus cannabinus), purple hibiscus (Hibiscus acetosella), marshmallow (Malvaviscus arboreus) and (Stachys byzantina) were analyzed. The samples were subjected to oven drying (45°C and 50°C), temperatures used at CMEI Celeste Sottomaior (Foz do Iguaçu, Brazil), and freeze-drying, a common method in laboratories and industrial processes. The samples were characterized according to the content of total phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity by ABTS and FRAP. Statistical analysis was performed by ANOVA (Analysis of Variance), followed by Tukey's test to compare means, revealing significant differences between the methods. Freeze-drying gave the best results, except for some of the analyses for the marshmallow, purple hibiscus and butterfly bean samples. Furthermore, the research highlighted the viability of oven drying as a more accessible alternative with lower operational costs for environments with limited resources, such as schools, while freeze-drying, although superior in preservation, is more expensive and requires specialized equipment. The study could contribute to Sustainable Development Goals (SDGs) such as SDG 2 (Zero Hunger), by promoting the use of PANCs as a food source, and SDG 12 (Responsible Consumption and Production), by offering sustainable food processing alternatives with low environmental impact.

Keywords: school meals, viability, alternative plants, dehydration, food security.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação gráfica da atividade antioxidante das farinhas de PANCs para as amostras com menor diferença entre os métodos de secagem 22
Figura 2 - Representação gráfica da atividade antioxidante das farinhas de PANCs para as amostras com maior diferença entre os processos de secagem.....23
Figura 3 - Fluxograma do processo de secagem em estufa a 45°C. 25
Figura 4 - Brácteas da primavera (Bougainvillea spectabilis) para secagem. 30
Figura 5 - Flores de kenaf (Hibiscus cannabinus) para secagem. 30
Figura 6 - Folhas de hibisco roxo (*Hibiscus acetosella)* para secagem. 31
Figura 7 - Flores de feijão-borboleta (*Clitoria terratea*) durante o processo de secagem. 31
Figura 8 - Flores de malvavisco (*Malvaviscus arboreus)* para secagem. 32
Figura 9 - Folhas de beldroega (*Portulaca oleracea)* durante a secagem. 32
Figura 10 - Almeirão roxo (Lactuca canadensis) para a secagem. 33
Figura 11 - Brácteas da primavera (Bougainvillea spectabilis) in natura. 34
Figura 12 - Flores de kenaf (*Hibiscus cannabinus) in natura.* 34
Figura 13 - Folhas de hibisco roxo (Hibiscus acetosella) in natura. 35
Figura 14 - Flores de feijão-borboleta (Clitoria terratea) in natura. 35
Figura 15 - Flores de malvavisco (*Malvaviscus arboreus) in natura.* 36
Figura 16 - Folhas de beldroega (*Portulaca oleracea)* durante a secagem. 36
Figura 17 - Amostras distribuídas no ultrafreezer. 37
Figura 18 - Amostras recém-introduzidas no liofilizador. 38
Figura 19 - Amostras após o degelo do refratário durante a liofilização. 38
Figura 20 - Amostras após o degelo do refratário durante a liofilização. 39
Figura 21 - Flores de kenaf (*Malvaviscus arboreus)* secas por liofilização. 39
Figura 22 - Amostras durante a liofilização. 40
Figura 23 - Brácteas da primavera (*Bougainvillea spectabilis*) secas por liofilização. 40
Figura 24 - Flores de feijão-borboleta (*Clitoria terratea)* secas por liofilização. 41

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	Ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)
CMEI	Centro Municipal de Educação Infantil
FRAP	*Ferric Reducing Ability Power*
ILATIT	Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território
ODS/STG	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PANCs	Plantas Alimentícias Não Convencionais
TPTZ	2,4,6-Tripiridil-1,3,5-triazina
UNILA	Universidade Federal da Integração Latino-Americana

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2 MATERIAIS E MÉTODOS 15
2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS.....15
2.2 ANÁLISE DE COMPOSTOS BIOATIVOS.....15
2.2.1 Compostos Fenólicos Totais.....15
2.2.3 ABTS.....16
2.2.4 Poder de redução pelo método FRAP (*Ferric Reducing Ability Power*).....17
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....18

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 19
3.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE SECAGEM.....19
3.2 OPERACIONALIDADE DOS PROCESSOS.....24

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS¸ 26

REFERÊNCIAS 27
ANEXOS.....30
ANEXO A – FOTOGRAFIAS DA ETAPA DE SECAGEM EM ESTUFA.....30
ANEXO B – FOTOGRAFIAS DA ETAPA DE CONGELAMENTO.....34
ANEXO C – FOTOGRAFIAS DA ETAPA DE LIOFILIZAÇÃO.....38

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

1 INTRODUÇÃO

O crescente interesse em alternativas que possam trazer benefícios à saúde tem impulsionado o estudo de espécies vegetais consideradas não convencionais na alimentação. A busca por dietas saudáveis enfrenta desafios significativos, como as desigualdades socioeconômicas e o aumento nos custos dos alimentos, fatores que contribuem para a insegurança alimentar (FAO et al., 2023). Nesse cenário, as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) surgem como uma alternativa viável, oferecendo o potencial de serem incorporadas em produtos alimentícios com foco em qualidade nutricional e acessibilidade. Essas plantas são ricas em nutrientes, vitaminas e compostos antioxidantes, destacando-se pelo valor nutricional e funcional (Milião et al., 2022)

O conceito de PANC foi introduzido em 2008 pelo biólogo e professor Valdely Ferreira Kinupp, abrangendo plantas comestíveis em uma ou mais de suas partes, sejam elas espontâneas ou cultivadas, nativas ou exóticas, e que não fazem parte do cardápio tradicional da sociedade (Kelen et al., 2015).

O Quadro 1 apresenta os principais compostos bioativos identificados nas amostras analisadas. Dentre eles, os compostos fenólicos, flavonoides, ácidos fenólicos, taninos e antocianinas se destacaram por sua presença significativa. Esses compostos são conhecidos por sua alta sensibilidade a temperaturas elevadas e fotossensibilidade (Oliveira et al., 2022; Jordan et al., 2021)

Quadro 1 – Principais compostos bioativos presentes nas amostras analisadas

Amostras	Princípios ativos	Referência
Almeirão roxo (*Lactuca canadensis*)	Ácidos orgânicos, ácidos graxos poli-insaturados, tocoferóis e compostos fenólicos, dentre eles, a quercetina.	(Liberal et al., 2021)
Beldroega (*Portulaca oleracea*)	Ácidos fenólicos, flavonoides e alcaloides	(Fernández-Poyatos; Llorent-Martínez; Ruiz-Medina, 2021)
Brácteas da primavera (*Bougainvillea spectabilis*)	Quinonas, flavonoides como a quercetina, terpenos antocianinas, lignina, prolina, proteína bougainina, saponinas, alcaloides e taninos	(Kaushik et al., 2023)

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Quadro 1 – Continuação

Amostras	Princípios ativos	Referência
Celosia (*Celosia argentea*)	Betalainas como betacianinas e betaxantinas, e compostos fenólicos.	(Thiyajai; Koyama, 2022)
Feijão-borboleta (*Clitoria ternatea*)	Ácido ascórbico, antocianinas, alcaloides, taninos, glicosídeos, resinas, saponinas, flavonoides e fenólicos	(Goh et al., 2022; Santos et al., 2022)
Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)	Fenólicos, flavonoides, terpenos, ácidos graxos, ácidos fenólicos e fitoquímicos	(Birhanie et al., 2022)
Hibisco roxo (*Hibiscus acetosella*)	Polifenóis, ácido fenólico, ácido gálico, miricetina, flavonoides e ácidos orgânicos	(Silva et al., 2023)
Malvavisco (*Malvaviscus arboreus*)	Flavonoides e ácidos fenólicos,	(Gazwi et al., 2022)
Peixinho-da-horta (*Stachys byzantina*)	Compostos fenólicos, vitamina C, carboidratos, proteínas e lipídios	(Silva et al., 2021)

Fonte: a autora, com base nas referências indicadas.

Os Centros Municipais de Educação Infantil (CMEIs), asseguram às crianças o direito a uma alimentação saudável, com o cardápio elaborado e assistido por nutricionistas. O CMEI Celeste Sottomaior, localizado na cidade de Foz do Iguaçu-PR, realiza o cultivo dessas plantas com o objetivo de enriquecer a merenda escolar, proporcionando uma alimentação mais diversificada e nutritiva para as crianças. Por meio desse cultivo, as PANCs são submetidas a um processo de secagem para a obtenção de farinha, que é então utilizada na preparação de pratos. Isso oferece uma alternativa saudável e sustentável para a alimentação escolar, além de promover uma maior segurança alimentar e uma maior percepção sobre alimentação, conscientização e educação sobre as plantas para a comunidade (Tuler; Peixoto; Silva, 2019; Veras; Pinho; Machado, 2022).

Diversas técnicas podem ser utilizadas no processo de secagem, como a liofilização, secagem natural, secagem convencional em estufa, secagem por micro-ondas, secagem em leito fluidizado (Binici; Şat; Aoudeh, 2021; Padmanabhan; Parvatam, 2024) . Cada método apresenta vantagens e limitações, impactando diretamente nas

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

características físicas, químicas e nutricionais do produto. Embora a liofilização apresente vantagens na preservação de compostos bioativos, sua aplicação em ambientes como os CMEIs é limitada por desafios operacionais, alto custo e elevada demanda energética (Oroski; Almeida, 2023).

Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a influência dos processos de secagem, como a secagem em estufa a 45°C e 50°C e a liofilização, para a obtenção de farinhas de PANCs, visando otimizar a preservação dos compostos antioxidantes. Desta forma, contribuir para o aproveitamento dessas plantas na produção de farinhas com alto valor nutricional e funcional em CMEIs e organizações da sociedade. Além disso, o estudo pretende fornecer informações sobre a viabilidade dos processos avaliados, identificando o método mais adequado para a produção das farinhas nas condições apresentadas.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras utilizadas neste estudo foram fornecidas pelo CMEI Celeste Sottomaior (Foz do Iguaçu, Brasil). No total, foram analisadas 24 amostras de farinhas de PANCs, obtidas por secagem em estufa (ANEXO A) a 45°C e 50°C, com tempo de secagem de 24 a 46h, como almeirão roxo (*Lactuca canadensis*), beldroega (*Portulaca umbraticola*), brácteas da primavera (*Bougainvillea spectabilis*), celosia (*Celosia argentea*), feijão-borboleta (*Clitoria ternatea*), kenaf (*Hibiscus cannabinus*), hibisco roxo (Hibiscus acetosella), folhas e flores de malvavisco (*Malvaviscus arboreus*) e caules e folhas de peixinho-da-horta (*Stachys byzantina*).

Além disso, 12 amostras das plantas correspondentes foram submetidas ao processo de liofilização, que consistiu em um congelamento prévio em ultrafreezer (ColdLab) a -70°C por 48 horas (ANEXO B), seguido de liofilização (Alpha 1-2 LD plus, Christ), por 72 horas (ANEXO C). Após a secagem, essas amostras foram moídas até a obtenção da farinha.

Foram utilizados os equipamentos pHmetro (Ohaus, Starter 3100M), espectrofotômetro UV-Vis (Thermo Fisher Scientific), tubos cilíndricos de vidro de 10 cm de comprimento com diâmetro interno de 1,2 mm e cubetas de quartzo.

2.2 ANÁLISE DE COMPOSTOS BIOATIVOS

As amostras foram preparadas mediante extração em solução de metanol (PA; Sal-R), a 0,5% (m/v), com agitação mecânica por 1 hora, seguida de centrifugação (Rotina 380, Hettich) a 3000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante resultante do extrato centrifugado foi utilizado nos experimentos.

2.2.1 Compostos Fenólicos Totais

A análise de compostos fenólicos totais baseou-se na detecção da presença de substâncias reduzidas pelo reagente de Folin-Ciocalteu (Singleton; Rossi,

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

1965). Ácido gálico (99%, Neon) a 200 mg L^{-1} foi preparado em água destilada (tipo II, Purelab Option Q system), sendo realizada diluições para a construção da curva analítica nas concentrações entre 25 e 150 mg L^{-1}. Uma alíquota de 250 µL de cada solução padrão foi transferida para um tubo de ensaio, seguido da adição de 250 µL do reagente fenólico de Folin-Ciocalteu (2 N, IMBRALAB) diluído (1:1 v/v em água destilada), 500 µL da solução saturada de Na_2CO_3 (99%, Êxodo Cientifica) e 4 mL de água destilada. Os tubos foram agitados e mantidos em temperatura ambiente sob proteção de luz por 25 minutos, e na sequência, centrifugados por 10 minutos a 3000 rpm. Para o branco da análise substituiu-se o volume da solução padrão por água destilada, para as amostras substituiu-se o mesmo volume pelos extratos. A determinação da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis a 725 nm.

2.2.2 Flavonoides

A determinação de flavonoides totais consistiu na reação de complexação do antioxidante com o metal alumínio baseando-se na formação de um complexo de coloração amarela. Para essa análise adaptou-se o método proposto por Dowd (1959). O preparo da curva analítica foi realizado pela dissolução de 10 mg de quercetina (99%, Sigma-Aldrich) em uma mistura de 2 mL de metanol e 3,0 mL de acetona (PA ; Synth) para a completa solubilização, perfazendo uma concentração final de 2000 mg L^{-1}. A partir dessa solução, diluições foram realizadas e 6 pontos da curva foram preparados nas concentrações entre 10 e 100 mg L^{-1}. Transferiu-se 500 µL de cada solução padrão para um tubo de ensaio, seguido da adição de 250 µL de $AlCl_3$ (99%, Dinâmica) 5% (m/v em metanol) e 4,25 mL de metanol. Os tubos foram homogeneizados e mantidos à temperatura ambiente sob proteção de luz por 30 minutos. Foi preparado um branco substituindo a alíquota da solução padrão por metanol, e o mesmo volume foi utilizado de extrato das farinhas. A leitura de absorbância foi determinada pelo espectrofotômetro UV-Vis a 425 nm.

2.2.3 ABTS

A avaliação da atividade antioxidante da amostra foi analisada pelo método envolvendo o radical 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS), seguindo a metodologia descrita por Rice-Evans e Miller (1994) com adaptações. O preparo da curva

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

analítica foi realizado utilizando a solução padrão de Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico) (99%, Sigma-Aldrich), a 2000 µmol L^{-1} (preparada em etanol (PA; Sal-R)). A partir dessa solução, diluições foram realizadas obtendo-se concentrações entre 380 e 1500 µmol L-1. Uma alíquota de 2000 µL da solução do cátion radicalar $ABTS^{\bullet+}$ foi transferida para tubos de ensaio seguida da adição de 20 µL das soluções padrão Trolox. O cátion radicalar $ABTS^{\bullet+}$ foi preparado pela diluição do ABTS em uma solução de persulfato de potássio (99%, Dinâmica) a 2,45 mmolL^{-1}, reservada por 16 horas sob proteção de luz para depois ser diluída com a solução tampão fosfato de potássio (pH 7,40) até obter uma absorbância entre 0,680 e 0,720 medida no espectrofotômetro UV-Vis a 734 nm. Os tubos foram homogeneizados e mantidos à temperatura ambiente sob proteção da luz por 6 min. Foi preparado um branco substituindo a alíquota da solução padrão pela solução tampão fosfato, e o mesmo volume foi utilizado de extrato das farinhas. A leitura de absorbância foi determinada pelo espectrofotômetro UV-Vis a 734 nm.

2.2.4 Poder de redução pelo método FRAP (*Ferric Reducing Ability Power*)

O teste FRAP mede indiretamente a atividade antioxidante total de uma amostra pela redução do complexo formado pelo TPTZ apresentando uma coloração azul intensa. Fez-se o uso da metodologia de Moon; Shibamoto, (2009) com adaptações. Para a construção da curva analítica utilizou-se a solução padrão de sulfato ferroso (heptahidratado, 99%, Dinâmica) a 2000 µmol L^{-1}, e por diluição os níveis entre 750 e 1750 µmol L^{-1}. Para a análise, transferiu-se 3000 µL da solução do complexo $[Fe^{3+(}TPTZ)_2]Cl_3$ (reagente FRAP), preparada pela mistura de 100 mL de solução tampão acetato 300 mmol L^{-1} (pH 3,60), 10 mL de solução de 2,4,6-tripiridil-1,3,5-triazina (TPTZ, 99%, Sigma-Aldrich) a 10 mmol L^{-1} (em água destilada) e 10 mL de solução de cloreto férrico (hexahidratado) a 20 mmol L^{-1}, para tubos de ensaio, seguidos de 100 µL da solução padrão e 300 µL de água destilada. Os tubos foram levados a banho de aquecimento a 37 °C por 5 min. Foi preparado um branco substituindo a alíquota da solução padrão por água destilada, e o mesmo volume foi utilizado de extrato das farinhas. A determinação da absorbância foi feita pelo uso do espectrofotômetro UV-Vis a 593 nm.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O tratamento dos dados foi realizado por meio de análise estatística, utilizando o teste ANOVA de um fato (Análise de Variância) para comparação das médias entre os grupos, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Quando identificadas diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey para comparação múltipla entre as médias. Todas as análises foram realizadas no software Excel®.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE SECAGEM.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos nos experimentos, comparando os teores de compostos bioativos e a atividade antioxidante das farinhas obtidas pelos diferentes métodos de secagem.

Tabela 1 – Atividade antioxidante das farinhas de PANC´s obtidas para diferentes métodos de secagem

Amostras	Secagem	Fenólicos (mg EAG* g^{-1} de amostra)	Flavonoides (mg EQ** g^{-1} de amostra)	ABTS (µmol ET*** $10g^{-1}$ de amostra)	FRAP (µmol Fe^{2+} $10g^{-1}$ de amostra)
Almeirão roxo (*Lactuca canadensis*)	Liof.	26,69 ± 0,20^{a}	16,83 ± 0,41^{a}	21,76 ± 0,89^{a}	36,65 ± 0,04^{a}
	E45	20,27 ± 0,47^{b}	15,85 ± 0,07^{a}	17,89 ± 1,71^{b}	28,35 ± 0,57^{b}
	E50	17,73 ± 0,19^{c}	12,54 ± 0,86^{b}	17,87 ± 0,68^{b}	22,27 ± 1,31^{c}
Beldroega (*Portulaca oleracea*)	Liof.	13,90 ± 0,10^{a}	13,97 ± 1,20^{a}	19,47 ± 0,93^{a}	23,11 ± 1,04^{a}
	E45	4,41 ± 0,11^{b}	10,40 ± 0,22^{b}	12,12 ± 0,08^{b}	8,14 ± 0,56^{b}
	E50	2,79 ± 0,22^{c}	6,87 ± 0,01^{c}	11,67 ± 0,41^{b}	7,38 ± 0,11^{b}
Brácteas da primavera (*Bougainvillea spectabilis*)	Liof.	16,05 ± 0,37^{a}	14,85 ± 0,60^{a}	18,29 ± 0,63^{a}	19,07 ± 0,54^{a}
	E45	7,73 ± 0,56^{b}	1,74 ± 0,08^{b}	13,58 ± 0,87^{b}	9,81 ± 0,00^{b}
	E50	6,60 ± 0,22^{b}	1,74 ± 0,18^{b}	14,40 ± 1,58^{b}	8,57 ± 0,24^{b}
Celosia (*Celosia argentea*)	Liof.	16,24 ± 0,12^{a}	26,06 ± 0,74^{a}	25,20 ± 1,14^{a}	28,54 ± 0,39^{a}
	E45	10,29 ± 0,20^{b}	18,12 ± 1,20^{b}	21,12 ± 0,08^{b}	14,70 ± 0,31^{b}
	E50	9,88 ± 0,47^{b}	16,28 ± 1,46^{b}	17,52 ± 0,60^{c}	15,55 ± 1,17^{b}
Feijão-borboleta (*Clitoria ternatea*)	Liof.	30,65 ± 0,36^{a}	12,89 ± 0,11^{a}	29,56 ± 1,02^{a}	23,48 ± 0,39^{a}
	E45	28,69 ± 0,61^{ab}	13,63 ± 0,32^{b}	33,98 ± 1,12^{b}	25,85 ± 0,39^{b}
	E50	26,93 ± 1,09^{b}	12,04 ± 0,13^{c}	32,32 ± 0,19^{b}	24,50 ± 0,06^{ab}

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Tabela 1 - Conclusão

Amostras	Secagem	Fenólicos (mg EAG[1] g^{-1} de amostra)	Flavonoides (mg EQ[2] g^{-1} de amostra)	ABTS (µmol ET[3] $10g^{-1}$ de amostra)	FRAP (µmol Fe^{2+} $10g^{-1}$ de amostra)
Kenaf (*Hibiscus cannabinus)*	Liof.	67,23 ± 1,60[a]	28,46 ± 1,36[a]	n.d.	122,20 ± 0,79[a]
	E45	61,14 ± 0,59[a]	33,69 ± 0,44[b]	n.d.	99,80 ± 2,21[b]
	E50	—	—	—	—
Hibisco roxo (*Hibiscus acetosella*)	Liof.	33,82 ± 1,42[a]	28,18 ± 1,43[a]	36,07 ± 0,62[a]	43,41 ± 0,94[a]
	E45	32,20 ± 0,54[a]	34,72 ± 0,17[b]	33,05 ± 0,85[b]	55,78 ± 2,71[b]
	E50	21,83 ± 1,71[b]	27,65 ± 0,30[a]	30,03 ± 0,33[c]	34,37 ± 2,27[a]
Malvavisco (*Malvaviscus arboreus*) - Flores	Liof.	28,06 ± 0,23[a]	11,24 ± 0,39[a]	44,52 ± 0,08[a]	31,11 ± 1,84[a]
	E45	32,00 ± 0,46[b]	10,92 ± 0,60[a]	44,43 ± 0,22[a]	35,90 ± 1,63[a]
	E50	30,15 ± 0,35[b]	12,97 ± 0,15[b]	44,80 ± 0,06[a]	33,94 ± 1,73[a]
Malvavisco (*Malvaviscus arboreus*) - Folhas	Liof.	41,81 ± 0,68[a]	10,55 ± 1,27[a]	43,89 ± 0,11[a]	54,68 ± 2,04[a]
	E45	36,18 ± 0,11[b]	11,23 ± 0,80[ab]	40,18 ± 0,44[b]	53,04 ± 4,74[a]
	E50	49,09 ± 0,78[c]	8,23 ± 0,01[b]	45,12 ± 0,03[c]	66,50 ± 3,63[b]
Peixinho-da-horta (*Stachys byzantina*) - Caule	Liof.	12,42 ± 0,07[a]	1,53 ± 0,16[a]	14,87 ± 0,98[a]	15,73 ± 0,34[a]
	E45	5,93 ± 0,12[b]	0,47 ± 0,02[b]	10,27 ± 0,51[b]	8,77 ± 0,24[b]
	E50	4,59 ± 0,11[c]	1,00 ± 0,05[c]	10,09 ± 0,24[b]	8,13 ± 0,29[b]
Peixinho-da-horta (*Stachys byzantina*) - Folhas	Liof.	41,90 ± 0,53[a]	9,74 ± 0,64[a]	35,40 ± 0,88[a]	58,57 ± 2,07[a]
	E45	10,20 ± 0,21[b]	5,86 ± 0,20[b]	15,63 ± 0,14[b]	17,80 ± 0,53[b]
	E50	8,84 ± 0,22[c]	5,67 ± 0,10[b]	17,98 ± 1,56[b]	26,60 ± 0,24[c]
Peixinho-da-horta (*Stachys byzantina*) - Folhas e caules	Liof.	—	—	—	—
	E45	7,87 ± 0,04[a]	4,20 ± 0,13[a]	13,56 ± 0,77[a]	12,48 ± 0,41[a]
	E50	8,55 ± 0,19[b]	4,97 ± 0,20[b]	17,27 ± 0,84[b]	17,41 ± 0,40[b]

Os resultados estão apresentados como média ± desvio padrão (n=3), letras diferentes na mesma coluna, para a mesma PANC, indicam diferenças significativas para o teste de Tukey ($p<0,05$) . Liof.: liofilizada; E45: estufa a 45°C; E50: estufa a 50°C; n.d.: não detectado; –: análise não realizada; [1]equivalente de ácido gálico; [2]equivalente de quercetina; [3]equivalente de trolox.

Fonte: a autora, 2025

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

A análise comparativa entre os métodos de secagem revelou que a liofilização evitou a perda da atividade antioxidante em relação à secagem em estufa, corroborando outros estudos da literatura (Belwal et al., 2022; Wojdyło; Lech; Nowicka, 2020). Esse método resultou em concentrações significativamente mais elevadas dos compostos analisados, com exceção das amostras de feijão-borboleta, hibisco roxo e flores de malvavisco. Nessas amostras, a secagem em estufa a 45°C proporcionou maior atividade antioxidante nas metodologias de FRAP e ABTS para feijão-borboleta, flavonoides totais e FRAP para hibisco roxo, e FRAP para flores de malvavisco, indicando que essa temperatura foi mais eficiente para a preservação dos compostos nessas espécies.

Para os compostos fenólicos, a liofilização apresentou os maiores valores em todas as amostras, com destaque para almeirão roxo e feijão-borboleta. A secagem em estufa a 45°C apresentou valores intermediários, enquanto a secagem em estufa a 50°C resultou nas menores concentrações, indicando que o aumento da temperatura pode acelerar a degradação desses compostos.

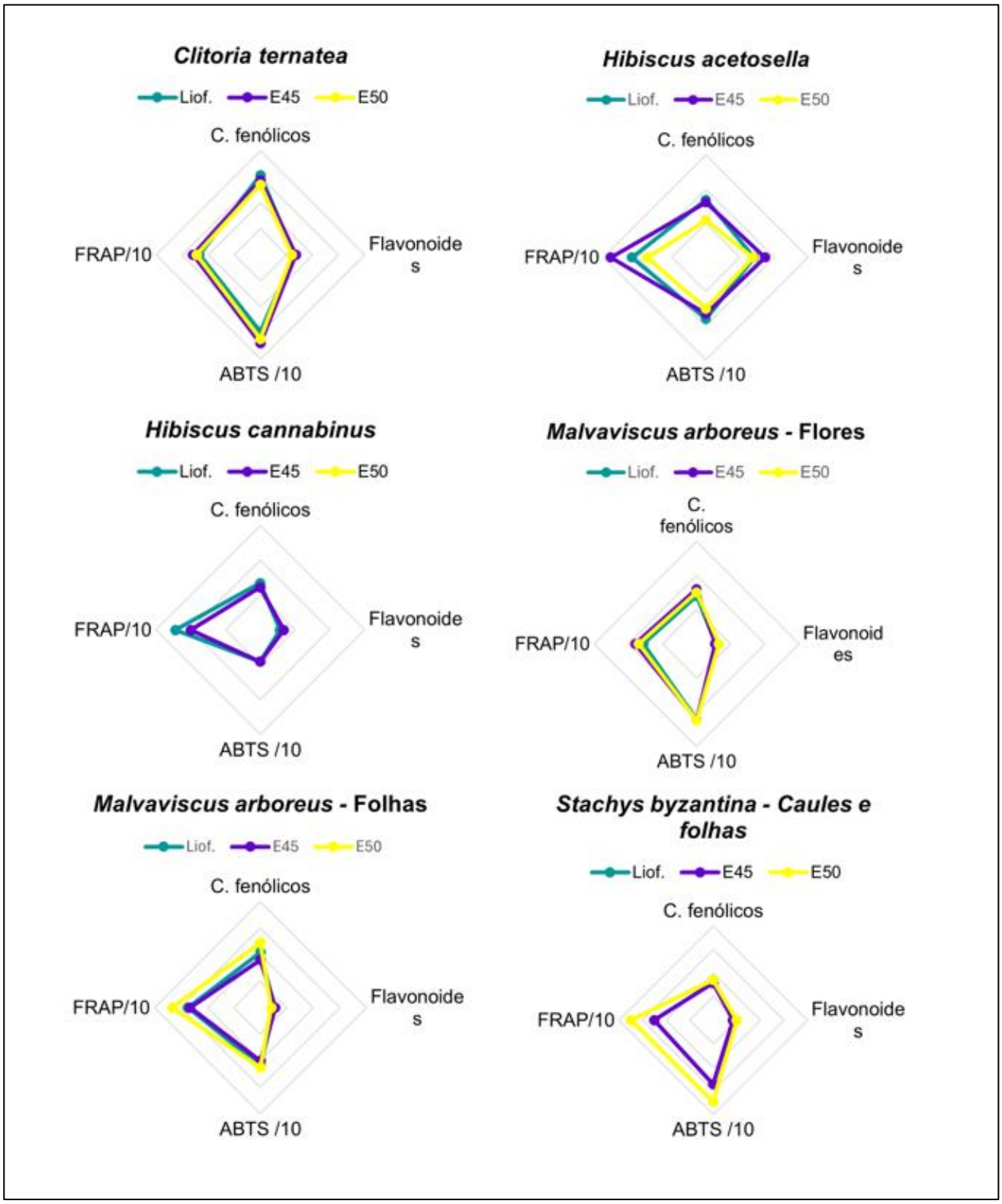
Os flavonoides também apresentaram maior retenção na liofilização para a maioria das amostras, com valores superiores em relação às secagens em estufa, sugerindo que esses compostos podem apresentar maior estabilidade térmica em temperaturas moderadas.

Em relação à atividade antioxidante (ABTS e FRAP), a liofilização também foi o método mais eficiente para a maioria das amostras, especialmente para o almeirão roxo e beldroega. No entanto, nas amostras de feijão-borboleta e brácteas da Primavera, a secagem em estufa a 45°C apresentou maiores valores de atividade antioxidante. Esses resultados podem estar relacionados à presença de antocianinas, compostos bioativos que apresentam maior estabilidade em temperaturas moderadas e podem ter sua atividade antioxidante potencializada pela exposição ao calor (Kaushik et al., 2023;Goh et al., 2022; Santos et al., 2022).

A análise estatística realizada por meio da ANOVA, seguida pelo teste de Tukey, confirmou que as diferenças observadas entre os métodos de secagem foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para todas as variáveis analisadas. As letras sobrescritas na Tabela 1 indicam que a liofilização apresentou diferenças significativas em relação aos outros métodos, especialmente para compostos fenólicos e flavonoides. Os resultados obtidos estão representados graficamente nas Figuras 1 e 2.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 1 – Representação gráfica da atividade antioxidante das farinhas de PANCs para amostras com menor diferença entre os processos de secagem

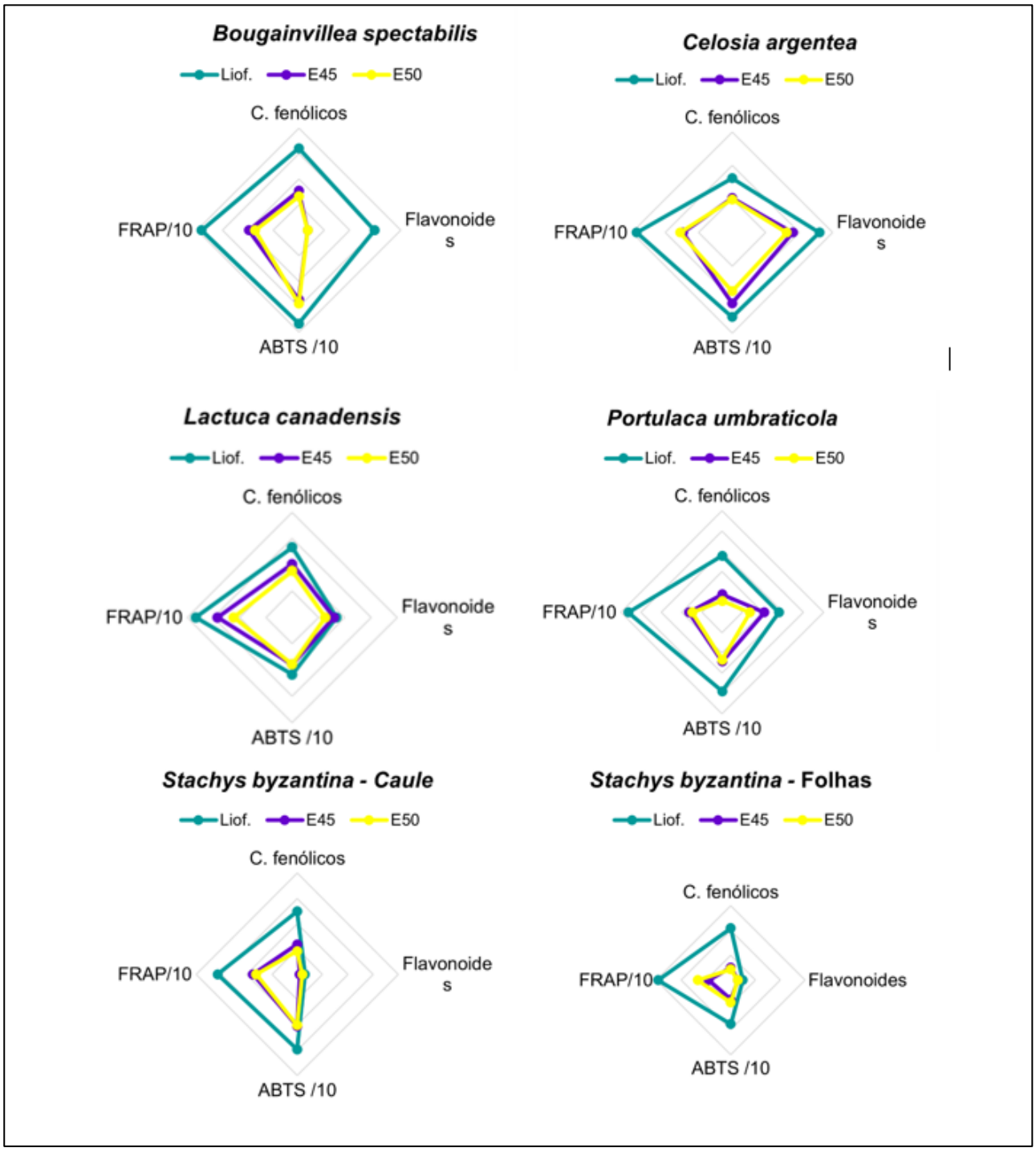


Liof= liofilização; E45= secagem em estufa a 45°C, E50= secagem em estufa a 50°C. Resultados expressos de acordo com a Tabela 1.

Fonte: a autora, 2025

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 2 – Representação gráfica da atividade antioxidante das farinhas de PANCs diante para as amostras com maior diferença entre os processos de secagem



Liof= liofilização; E45= secagem em estufa a 45°C, E50= secagem em estufa a 50°C. Resultados expressos de acordo com a Tabela 1.

Fonte: a autora, 2025

A amostra de almeirão roxo apresentou maior concentração de compostos antioxidante nos extratos liofilizados, com diferenças significativas em relação às secagens em estufa, exceto na análise FRAP, onde a liofilização e a secagem a 45°C se equipararam.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Beldroega, brácteas de primavera, kenaf, caules e folhas de peixinho, demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os métodos, com a liofilização resultando no maior teor de capacidade antioxidante.

No caso da celosia, a liofilização obteve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação às demais secagens, com todos os processos apresentando diferenças para a metodologia de ABTS.

No feijão-borboleta, a liofilização se destacou com diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação às demais secagens. Entretanto, a secagem a 45°C apresentou maior teor de atividade antioxidante do que os outros processos.

Para o hibisco roxo, na análise de fenólicos, a liofilização e a secagem a 45°C não apresentaram diferenças significativas. Já para as metodologias de FRAP e flavonoides, a liofilização e a secagem a 50°C apresentaram resultados equivalentes e a secagem em 45°C demonstrou maior capacidade antioxidante, conforme apresentado pela Figura 1.

As flores de malvavisco não evidenciaram diferenças significativas entre a secagem a 45°C e a liofilização, com exceção na análise de fenólicos, conforme métodos na Figura 1.

As folhas de malvavisco apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todos os processos de secagem para fenólicos e ABTS. Para flavonoides e FRAP, a liofilização se igualou à secagem a 45°C, enquanto a secagem a 50°C apresentou maior atividade antioxidante, evidenciado pela Figura 1.

Em síntese, os resultados confirmam as expectativas, evidenciando que a liofilização se destaca como um dos métodos mais eficazes para a preservação de compostos antioxidantes, devido às suas condições de baixa temperatura e pressão reduzida, que minimizam as reações oxidativas e a degradação térmica. Estudos apontam que essa técnica mantém a integridade estrutural dos polifenóis, garantindo maior estabilidade e funcionalidade dos compostos antioxidantes, ao promover uma desidratação mais suave (Wojdyło; Lech; Nowicka, 2020)

3.2 OPERACIONALIDADE DOS PROCESSOS

Embora a liofilização ofereça uma preservação superior dos compostos antioxidantes devido às suas condições de baixa temperatura e pressão reduzida, ela exige equipamentos sofisticados, alto investimento inicial e custos operacionais mais elevados

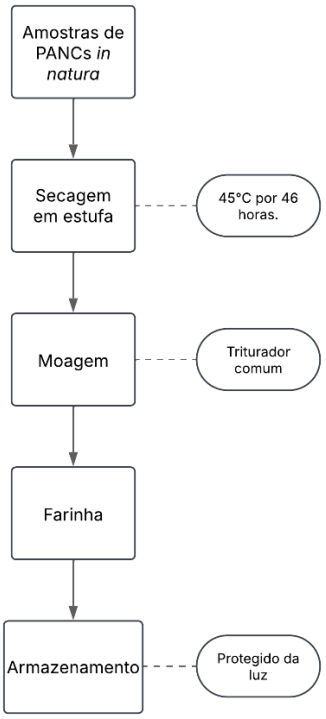
Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

(Oroski; Almeida, 2023). Essa complexidade pode limitar sua implementação em ambientes com recursos restritos, como os CMEIs.

A secagem em estufa a 45 °C, mostrou-se como alternativa viável, pois permite a obtenção de farinhas com boa retenção de compostos bioativos e menor custo operacional. Esse método é mais acessível e exige apenas um controle adequado de temperatura e tempo, conforme indicado pela Figura 3, o que facilita sua implementação em unidades escolares. Além disso, a infraestrutura necessária para a secagem em estufa é mais simples e amplamente disponível, tornando-se uma opção viável para produção em pequena escala, como a realizada nos CMEIs.

Outro fator a ser considerado é a sazonalidade das PANCs, que pode impactar diretamente a viabilidade da produção contínua das farinhas. A liofilização possibilita maior tempo de armazenamento sem perdas nutricionais significativas, o que pode ser vantajoso em períodos de menor disponibilidade das matérias-primas. No entanto, a secagem em estufa pode demandar ajustes na logística de produção para garantir um suprimento contínuo, o que pode ser gerenciado por meio da diversificação das espécies utilizadas, uma vez que muitas apresentam características semelhantes, conforme apresentado.

Figura 3 – Fluxograma do processo de secagem em estufa a 45°C



Fonte: a autora, 2025.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas demonstraram que o método de secagem influencia significativamente a retenção de compostos bioativos e a atividade antioxidante das farinhas de PANCs. A liofilização se destacou como o método mais eficiente para preservar esses compostos, apresentando concentrações mais elevadas de fenólicos, flavonoides e maior capacidade antioxidante na maioria das amostras.

A viabilidade da aplicação desses métodos nos CMEIs deve levar em conta não apenas a retenção dos compostos bioativos, mas também os desafios operacionais e financeiros. A liofilização, apesar de eficiente, exige altos custos de investimento e operação, o que pode dificultar sua implementação em larga escala. Por outro lado, a secagem em estufa a 45ºC se mostrou uma alternativa viável, combinando retenção satisfatória de compostos bioativos com um custo operacional reduzido, tornando-se uma opção mais acessível para produção das farinhas.

Dessa forma, a escolha do método de secagem para a produção de farinhas de PANCs deve equilibrar a eficiência na preservação dos compostos bioativos, viabilidade econômica e operacionalidade do processo. A implementação de estratégias que combinem diferentes métodos de secagem, ajustados às características específicas de cada planta e às necessidades locais, pode representar uma solução promissora para garantir a qualidade nutricional e funcional das farinhas destinadas à alimentação.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

REFERÊNCIAS

BINICI, H. İ.; ŞAT, İ. G.; AOUDEH, E. The effect of different drying methods on nutritional composition and antioxidant activity of purslane (Portulaca oleracea). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 45, n. 5, p. 680–689, 2021.

BIRHANIE, Z. M. et al. Salt Stress Induces Changes in Physiological Characteristics, Bioactive Constituents, and Antioxidants in Kenaf (Hibiscus cannabinus L.). **Antioxidants**, v. 11, n. 10, 1 out. 2022.

DE OLIVEIRA, A. A. et al. Efeito do tempo e da luz nos compostos fenólicos totais e na capacidade antioxidante de bebidas de chá mate e branco prontas para o consumo. **Scientia Plena**, v. 18, n. 3, 11 abr. 2022.

DOWD, L. E. Spectrophotometric Determination of Quercetin. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 7, p. 1184–1187, 1959.

FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2023**. [s.l.] FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO;, 2023.

FERNÁNDEZ-POYATOS, M. D. P.; LLORENT-MARTÍNEZ, E. J.; RUIZ-MEDINA, A. Phytochemical composition and antioxidant activity of Portulaca oleracea: Influence of the steaming cooking process. **Foods**, v. 10, n. 1, 1 jan. 2021.

GAZWI, H. S. S. et al. Phytochemical Profile of the Ethanol Extract of Malvaviscus arboreus Red Flower and Investigation of the Antioxidant, Antimicrobial, and Cytotoxic Activities. **Antibiotics**, v. 11, n. 11, 1 nov. 2022.

GOH, S. E. et al. Antioxidant-rich Clitoria ternatea L. flower and its benefits in improving murine reproductive performance. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 42, 2022.

JORDAN, R. A. et al. Efeito de sistemas e condições de secagem sobre o consumo específico de energia e os compostos bioativos da taioba (Xanthosoma sagittifolium Schott). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e21610716512, 18 jun. 2021.

KAUSHIK, D. et al. A narrative review on the anti-inflammatory efficacy of Bougainvillea spectabilis Willd. and its various applications. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 12, 1 jun. 2023.

KELEN, M. E. B. et al. **PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCs) HORTALIÇAS ESPONTÂNEAS E NATIVAS**. [s.l: s.n.].

LIBERAL, Â. et al. Chemical features and bioactivities of lactuca canadensis L., an unconventional food plant from Brazilian cerrado. **Agriculture (Switzerland)**, v. 11, n. 8, 1 ago. 2021.

MILIÃO, G. L. et al. Unconventional food plants: Nutritional aspects and perspectives for industrial applications. **Future Foods**, v. 5, p. 100124, 2022.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

MOON, J.-K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant Assays for Plant and Food Components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1655–1666, 2009.

PADMANABHAN, V.; PARVATAM, G. Effect of dehydration methods on pigment characteristics, bioactives profile and antioxidant potential of blue petals of Clitoria ternatea L. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 18, n. 5, p. 3536–3546, 1 maio 2024.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J. [241 Total antioxidant status in plasma and body fluids. Em: **Oxygen Radicals in Biological Systems Part D**. Methods in Enzymology. [s.l.] Academic Press, 1994. v. 234p. 279–293.

SANTOS, R. O. et al. Degradation kinetics and in vitro digestive stability of selected bioactive compounds from a beverage formulated with butterfly pea flowers. **Ciência Rural**, v. 52, n. 5, 2022.

SILVA, L. F. L. E. et al. Nutritional characterisation and grouping of unconventional vegetables in Brazil. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 96, n. 4, p. 508–513, 2021.

SILVA, L. Y. DOS S. et al. Hibiscus acetosella: An Unconventional Alternative Edible Flower Rich in Bioactive Compounds. **Molecules**, v. 28, n. 12, 1 jun. 2023.

SINGLETON, V. L.; JOSEPH A. ROSSI, JR. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144, 1 jan. 1965.

THIYAJAI, P.; KOYAMA, T. Binary ethanol-water solvents affect betalain contents and health-promoting properties of red Celosia argentea inflorescence extracts. **International Food Research Journal**, v. 29, n. 1, p. 67–77, 2022.

TULER, A. C.; PEIXOTO, A. L.; SILVA, N. C. B. DA. Unconventional food plants in the rural (ufp) community of saõ josé da figueira, durandé, minas gerais, Brazil. **Rodriguesia**, v. 70, 2019.

VERAS, J. N. A.; PINHO, R. C. DE; MACHADO, A. Importância das plantas alimentícias não convencionais (PANC) para a segurança alimentar na comunidade Pium (TI Manoá-Pium, Roraima, Brasil). **Tellus**, p. 61–82, 15 jun. 2022.

WOJDYŁO, A.; LECH, K.; NOWICKA, P. Effects of different drying methods on the retention of bioactive compounds, on-line antioxidant capacity and color of the novel snack from red-fleshed apples. **Molecules**, v. 25, n. 23, 1 dez. 2020.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

ANEXOS

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

ANEXO A – Fotografias da etapa de secagem em estufa

Figura 4 – Brácteas da primavera (*Bougainvillea spectabilis*) para secagem.

Fonte: Fernandes, 2024. Fotografia cedida pelo autor.

Figura 5 – Flores de kenaf (*Hibiscus cannabinus*) para secagem.

Fonte: Fernandes, 2024. Fotografia cedida pelo autor.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 6 – Folhas de hibisco roxo (*Hibiscus acetosella)* para secagem.

Fonte: Fernandes, 2024. Fotografia cedida pelo autor.

Figura 7 – Flores de feijão-borboleta (*Clitoria terratea*) durante o processo de secagem.

Fonte: Fernandes, 2024. Fotografia cedida pelo autor.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 8 – Flores de malvavisco (*Malvaviscus arboreus)* para secagem.

Fonte: Fernandes, 2024. Fotografia cedida pelo autor.

Figura 9 – Folhas de beldroega (*Portulaca oleracea)* durante a secagem.

Fonte: Fernandes, 2024. Fotografia cedida pelo autor.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 10 – Almeirão roxo (Lactuca canadensis) para a secagem.

Fonte: Fernandes, 2024. Fotografia cedida pelo autor.

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

ANEXO B – FOTOGRAFIAS DA ETAPA DE CONGELAMENTO

Figura 11 – Brácteas da primavera (*Bougainvillea spectabilis*) in natura.

Fonte: a autora, 2024

Figura 12 – Flores de kenaf (*Hibiscus cannabinus) in natura.*

Fonte: a autora, 2024

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 13 – Folhas de hibisco roxo (*Hibiscus acetosella*) in natura.

Fonte: a autora, 2024

Figura 14 – Flores de feijão-borboleta (Clitoria terratea) in natura.

Fonte: a autora, 2024

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 15 – Flores de malvavisco (*Malvaviscus arboreus) in natura.*

Fonte: a autora, 2024

Figura 16 – Folhas de malvavisco (*Malvaviscus arboreus) in natura.*

Fonte: a autora, 2024

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 17 – Folhas de beldroega (*Portulaca oleracea) in natura.*

Fonte: a autora, 2024

Figura 18 – Amostras distribuídas no ultrafreezer.

Fonte: a autora, 2024

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

ANEXO C – FOTOGRAFIAS DA ETAPA DE LIOFILIZAÇÃO

Figura 19 – Amostras recém-introduzidas no liofilizador.

Fonte: a autora, 2024

Figura 20 – Amostras após o degelo do refratário durante a liofilização.

Fonte: a autora, 2024

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 21 – Amostras após o degelo do refratário durante a liofilização.

Fonte: a autora, 2024

Figura 22 – Flores de kenaf (*Malvaviscus arboreus)* secas por liofilização.

Fonte: a autora, 2024

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 23 – Amostras durante a liofilização.

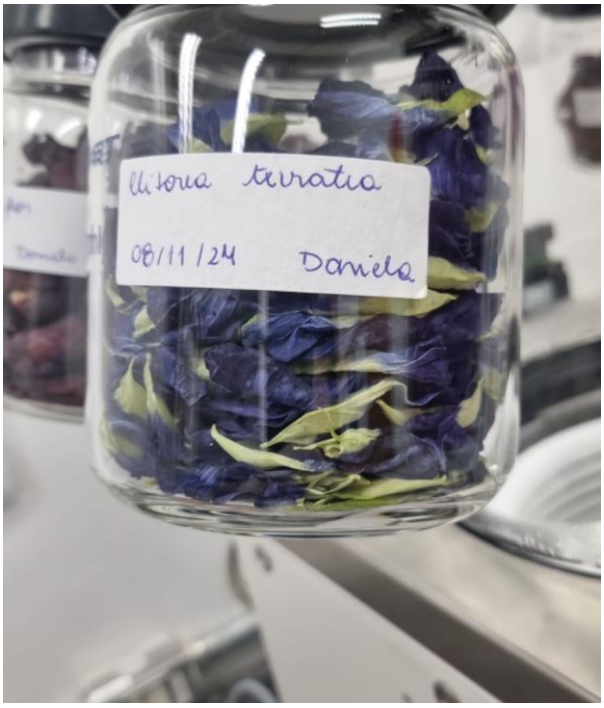
Fonte: a autora, 2024

Figura 24 – Brácteas da primavera (*Bougainvillea spectabilis*) secas por liofilização.

Fonte: a autora, 2024

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59

Figura 25 – Flores de feijão-borboleta (*Clitoria terratea)* secas por liofilização.



Fonte: a autora, 2024

Versão Final Homologada
07/04/2025 15:59