



## FENOLOGIA E TEMPERATURA DE SECAGEM DE FRUTOS DA AROEIRA PIMENTEIRA NO RENDIMENTO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

PHENOLOGY AND DRYING TEMPERATURE OF AROEIRA PIMENTEIRA FRUITS IN YIELD OF BIOACTIVE COMPOUNDS

FENOLOGÍA Y TEMPERATURA DE SECADO DE FRUTOS DE AROEIRA PIMENTEIRA SOBRE EL RENDIMIENTO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

Flavia Myllena dos Santos Araujo<sup>1\*</sup> ; Viviany Viriato<sup>2</sup> ; Gustavo do Carmo Fernandes<sup>3</sup> ; Mariana Nunes Ferreira Cabral<sup>4</sup> ; Olivia Pak Campos<sup>5</sup> ; Ana Beatriz de Lucena Ramos<sup>6</sup> ; Caio Scardini Neves<sup>7</sup> ; Filipe Pereira Giardini Bonfim<sup>8</sup> 

<sup>1</sup>Mestranda do pelo programa de pós-graduação em Agronomia - Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu (FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Doutoranda pelo programa de pós-graduação em Agronomia - Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu (FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>Mestrando pelo programa de pós-graduação em Agronomia - Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu (FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil. <sup>4</sup>Doutoranda pelo programa de pós-graduação em Agronomia - Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu (FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil. <sup>5</sup>Doutoranda do programa de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu (FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil. <sup>6</sup>Mestranda pelo programa de pós-graduação em Agronomia - Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu (FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil. <sup>7</sup>Doutorando pelo programa de pós-graduação em Agronomia - Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu (FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil. <sup>8</sup>Professor Associado do Departamento de Produção Vegetal – Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômicas(FCA/UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.

\*Autor Correspondente: [flavia.myllena.98@gmail.com](mailto:flavia.myllena.98@gmail.com)

Recebido: 05/05/2025 | Aprovado: 18/06/2025 | Publicado: 26/06/2025

**Resumo:** A *Schinus terebinthifolius* Raddi é uma espécie nativa brasileira, conhecida popularmente como aroeira pimenteira. Seus frutos contam com a presença de compostos bioativos, destacando-se os óleos essenciais e os polifenóis totais, que vem sendo amplamente utilizado na indústria de medicamentos e cosméticos. Os estudos sobre a fenologia possibilita entender o comportamento da espécie, verificando sua sincronia e estabelecendo a melhor época de colheita, para diferentes fenofases como exemplo a frutificação, que foi o foco desta pesquisa. Procedimentos pós-colheita como temperatura de secagem é de suma importância, pois é do material vegetal logo após ser colhido, precisa estabilizar os metabólitos especializados, conferindo melhor qualidade da droga vegetal. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar a fenologia da espécie e a temperatura de secagem no rendimentos do óleo essencial da pimenta rosa, bem como sua atividade antioxidante e teor de polifenóis totais. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Plantas Medicinais, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus Botucatu. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo: frutos secos à sombra (30 °C) e três temperaturas de secagem em estufa de circulação de ar forçado (45 °C, 60 °C e 85 °C), contendo seis repetições cada, totalizando 24 parcelas experimentais. Foi realizada análise de variância ( $p < 0,05$ ) e posterior teste de Tukey (5%). Para o estudo fenológico, 20 indivíduos foram acompanhados quinzenalmente durante doze meses, posteriormente aplicadas metodologias proposta por Fournier (1974) e Bencke & Morellato (2002). Foi observado que o tratamento de secagem à sombra (30 °C) obteve o maior rendimento de óleos essenciais. Para atividade antioxidante, os tratamentos com secagem em estufa a 45 °C e 60 °C foram os mais eficientes. A temperatura de secagem não prejudicou o conteúdo de compostos fenólicos totais dos frutos. Os resultados também destacam o estágio de desenvolvimento dos frutos (frutificação), sendo essa fenofase categorizada como síncrona, com intensidade nos meses de outubro a janeiro e de moderada correlação com a umidade relativa do ar.

**Palavras-chave:** *Schinus terebinthifolius* Raddi; óleo essencial; atividade antioxidante; compostos fenólicos.

**Abstract:** A *Schinus terebinthifolius* is a native Brazilian species, popularly known as aroeira pimenteira. Its fruits contain the presence of bioactive compounds, highlighting essential oils and total polyphenols, which have been widely used in the medicine and cosmetics industry. Studies on phenology make it possible to understand the behavior of the species, verifying its synchrony and establishing the best harvest time, for different phenophases, such as fruiting, which was the focus of this research. Post-harvest procedures such as drying temperature are of paramount importance, as the plant material, immediately after being harvested, needs to stabilize the specialized metabolites, providing better quality of the plant drug. Thus, the objective of the study was to evaluate the phenology of the species and the drying temperature in the yield of pink pepper essential oil, as well as its antioxidant activity and total polyphenol content. The research was conducted at the Medicinal Plants Laboratory, part of the School of Agricultural Sciences at UNESP, Botucatu. The experimental design used was a completely randomized design with four treatments: fruits dried in the shade (30 °C) and three drying temperatures in a forced-air circulation oven (45 °C, 60 °C, and 85 °C), each with six replications, totaling 24 experimental plots. Analysis of variance ( $p < 0.05$ ) was performed, followed by a Tukey test (5%). For the phenological study, 20 individuals were monitored every two weeks for twelve months, subsequently applying methodologies proposed by Fournier (1974) and Bencke & Morellato (2002). It was observed that the shade drying treatment obtained the highest yield of essential oils. For antioxidant activity, oven drying treatments at 45 °C and 60 °C were the most efficient. The drying temperature did not change the content of total phenolic compounds in the fruits. It is concluded that the antioxidant action is not exclusively linked to total polyphenols, but also to the contribution of other compounds present in the essential oil. The results also highlight the stage of fruit development (fructification), with this phenophase categorized as synchronous, with intensity in the months of October to January and moderate correlation with relative air humidity.

**Keywords:** *Schinus terebinthifolius* Raddi; essential oil; antioxidant activity; phenolic compounds.

**Resumen:** *Schinus terebinthifolius* Raddi es una especie nativa de Brasil, comúnmente conocida como aroeira pimenteira. Sus frutos contienen compuestos bioactivos, destacándose los aceites esenciales y los polifenoles totales. El objetivo fue evaluar la influencia de la fenología y la temperatura de secado en la obtención y rendimiento del aceite esencial de la pimienta rosa, así como su actividad antioxidante y los polifenoles totales. La investigación se realizó en el Laboratorio de Plantas Medicinales, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UNESP, Campus Botucatu. El diseño experimental adoptado fue completamente al azar, con cuatro tratamientos: frutos secados a la sombra (30°C) y tres temperaturas de secado en horno de circulación de aire forzado (45 °C, 60 °C y 85 °C), con seis repeticiones cada uno, totalizando 24 parcelas experimentales. Se realizó un análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) y posterior prueba de Tukey (5%). Para el estudio fenológico se monitorearon 20 individuos cada dos semanas durante doce meses, aplicándose posteriormente las metodologías propuestas por Fournier (1974) y Bencke & Morellato (2002). Se observó que el tratamiento de secado a la sombra obtuvo el mayor rendimiento de aceites esenciales. Para la actividad antioxidante, los tratamientos de secado en horno a 45 °C y 60 °C fueron los más eficientes. La temperatura de secado no cambió el contenido de compuestos fenólicos totales en los frutos. Se concluye que la acción antioxidante no está ligada exclusivamente a los polifenoles totales, sino también al aporte de otros compuestos presentes en el aceite esencial. Los resultados también resaltan la etapa de desarrollo del fruto (fructificación), categorizándose esta fenofase como sincrónica, con intensidad en los meses de octubre a enero y correlación moderada con la humedad relativa del aire.

**Palabras-clave:** *Schinus terebinthifolius* Raddi; Aceite esencial; Actividad antioxidante; compuestos fenólicos.

## 1 INTRODUÇÃO

Os metabolitos especializados de plantas têm se destacado nos últimos anos por serem compostos naturais com atividade biológica, extraídos de espécies medicinais, nativas ou não. Junto a isso, a indústria farmacêutica e cosmética tem buscado validar pesquisas relacionadas ao conhecimento tradicional e o melhor aproveitamento dos bioativos fornecidos pela natureza por meio de fármacos de origem vegetal (Reis & Schimiele, 2019). Através do conhecimento destas moléculas, é possível agregar maior valor comercial e industrial às espécies nativas brasileiras e contribuir para a conservação destas por meio de projetos e protocolos de cultivo e/ou extrativismo.

A *Schinus terebinthifolius* Raddi, popularmente conhecida como aroeira pimenteira, aroeira, aroeira-vermelha e pimenta-brasileira, pertence à família Anacardiaceae. É nativa do Brasil, sendo encontrada em abundância em regiões litorâneas. O município de São Mateus, ao norte do estado do Espírito Santo, é considerado o maior produtor e exportador de pimenta rosa alimentícia do mundo (Almeida, 2023).

O óleo essencial da pimenta rosa pode ser extraído dos frutos e da folha da aroeira pimenteira (Lorenzi & Matos, 2008). Esses terpenoides são caracterizados por serem voláteis e por possuírem odores e sabores marcantes, atributos que geram diferentes funcionalidades para as espécies que os sintetizam. Segundo a literatura, há também a presença de polifenóis totais e atividade antioxidante na espécie em questão (Clemente, 2006). O destaque para esses compostos se dá pelo seu valor comercial para a produção de cosméticos e fármacos, além da sua utilização na indústria alimentícia como condimento e aromatizante de bebidas.

Após a colheita da pimenta rosa, é recomendado a secagem dos seus frutos com a finalidade de preservá-los por mais tempo através da redução do teor de água (Park, Yado & Brod, 2001). Devido à complexidade do procedimento de secagem, se faz necessário avaliar as variáveis deste processo, tais como temperatura e conservação dos bioativos, pois todas essas características irão interferir na qualidade e quantidade do metabólito de interesse. O fornecimento contínuo de ar aquecido, principalmente a altas temperaturas, pode provocar alterações estruturais e físico-químicas no material a ser seco, como modificações em estruturas armazenadoras de compostos químicos, degradação da cor e redução no teor de óleo essencial e compostos fenólicos, com conseqüente perda de qualidade do produto final (Gasparin *et al.*, 2014).

A fenologia da planta desempenha um papel crucial na dinâmica do crescimento e desenvolvimento das plantas. Os estudos das fenofases estão associadas com as variáveis climáticas e meteorológicas como radiação solar, temperatura do ar, precipitação e umidade do ar, e com os fatores bióticos como pragas e doenças. O desenvolvimento de pesquisas nessa área é de suma importância para o desenvolvimento de ações de preservação, desenvolvimento de projetos paisagísticos e exploração comercial (Morelato, 2007).

Neste contexto, o presente trabalho teve como o objetivo de acompanhar a fenologia de população nativa de *Schinus terebinthifolius*, com ênfase na fenofase frutificação e avaliar a temperatura de secagem dos frutos no rendimento de seus compostos bioativos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

O presente estudo foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista – FCA/UNESP, município de Botucatu-SP. A região possui classificação climática Cfa pela classificação de Köppen, que corresponde ao clima temperado quente (mesotérmico) úmido, com precipitação média anual de 1428,4 mm e temperatura média anual de 20,3 °C (Da Cunha; Martins, 2009). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, de textura média, com 21% de fração argila na camada de 0,00-0,20 m de profundidade.

O território de Botucatu está sob o domínio predominante do Cerrado, pressionado pela Floresta Estacionaria Semidecidual.

Os indivíduos de aroeira pimenteira utilizados no estudo são pertencentes à população nativa da FCA, sendo previamente selecionados e classificados como adultos (uma vez que todos os indivíduos floresceram e/ou frutificaram durante o período de estudo) e aparentemente saudáveis (ausência de pragas e doenças).

As análises fitoquímicas foram realizadas no Laboratório de Plantas Medicinais do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Horticultura, pertencente à FCA/UNESP.

## 2.2 Delineamento da pesquisa

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: frutos secos à sombra (30 °C) e três temperaturas de secagem em estufa (45 °C, 60 °C e 85 °C), contendo 6 repetições cada, totalizando 24 parcelas experimentais.

As amostras permaneceram em secagem até atingirem peso constante. Após a secagem, os frutos foram armazenados em sacos de papel em local com temperatura ambiente e com abrigo solar até o momento das análises fitoquímicas.

## 2.3 Fenologia

Para o estudo fenológico, 20 indivíduos, foram acompanhados quinzenalmente durante doze meses. Para esta seleção foi utilizado a estatística descritiva, medidas de dispersão tais como, coeficiente de variação, desvio padrão e médias para o agrupamento destas plantas. Estas medidas de dispersão para a população estudada de *S. terebinthifolius* em relação à altura e diâmetro à altura do peito (DAP) foram respectivamente:  $\sigma = 0,19$ ;  $CV = 2,93\%$ ;  $X = 3,4$  e  $\sigma = 1,79$ ;  $CV = 5,55\%$ ;  $X = 23,1$ .

Foram registradas a presença e a intensidade das fenofases: (1) Folhas maduras: folhas com a coloração verde escura e completamente expandidas; (2) Floração: desde o surgimento de botões florais até a antese; (3) Frutificação: desde o aparecimento de frutos maduros até a queda total deles; (4) Queda Foliar: notórios galhos vazios e com folhas caídas no entorno do indivíduo; (5) Folha Nova: folhas não totalmente expandidas de coloração avermelhada ou verde-claro no ápice dos ramos (Gomes, 2017).

A pesquisa adotou a abordagem metodológica proposta por Fournier (1974), na qual as fenofases foram avaliadas individualmente por meio de uma escala semiquantitativa de cinco categorias, com intervalos de 25%, sendo 0 = ausência da fenofase; 1 = presença da fenofase com magnitude entre 1 e 25%; 2 = presença da fenofase entre 26 e 50%; 3 = presença da fenofase entre 51 e 75% e 4 = presença da fenofase entre 76 e 100%. A intensidade das fenofases foi quantificada mediante somatório dos valores individuais, dividido pelo valor máximo calculado.

Para a análise de sincronia, utilizou-se a metodologia de Bencke & Morellato (2002), categorizando a sincronia das árvores conforme a porcentagem de fenofases observadas, que consideraram a seguinte proporção de indivíduos manifestando determinado evento fenológico: < 20% assincrônico; 20-60% pouco sincrônico; >

60% sincrônico. Esse cálculo foi estimado no período de máxima atividade de cada fenofase. A coleta de dados fenológicos foi correlacionada com informações meteorológicas diárias da Estação Meteorológica da FCA/UNESP. Para dados sem distribuição normal, aplicou-se a análise de correlação de Pearson ( $r$ ) para verificar relações entre variáveis.

## 2.4 Teor de óleo essencial

Para determinação de óleo essencial, o material vegetativo foi extraído por meio do processo de hidrodestilação por arraste a vapor, em aparato do tipo *Clevenger*. Foram utilizados 25 gramas de biomassa seca dos frutos em 1,5 L de água destilada em balão de 2 L, por 120 minutos. O teor de óleo essencial foi determinado com base na matéria seca [(gramas de óleo/gramas de matéria seca) x 100].

## 2.5 Determinação de compostos fenólicos totais

A quantificação dos compostos fenólicos totais seguiu o método de Folin-Ciocalteu, adaptado de Swain & Hillis (1959). Inicialmente, 0,20 g de fruto seco foram misturados a 10 mL de metanol 80%, submetido a banho ultrassônico e centrifugação. A extração resultante foi combinada com reagentes e mantida em repouso protegido da luz. A análise espectrofotométrica, realizada a 760 nm, permitiu a determinação da concentração de fenóis totais, expressando os resultados em mg de ácido gálico equivalente por grama de extrato (mgEAG.g<sup>-1</sup>).

## 2.6 Análise da atividade Antioxidante por método DPPH

Foi utilizado o método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) para avaliar a atividade antioxidante (AA) da amostra. O procedimento envolveu a preparação de um extrato a partir de 0,20g da amostra, que foi misturada com 10 mL de metanol a 80% e submetida a banho ultrassônico e centrifugação. Uma alíquota do extrato foi então misturada com a solução de DPPH e mantida ao abrigo da luz antes da leitura espectrofotométrica a 517 nm. As análises foram feitas em duplicata, e os resultados expressos como a porcentagem de sequestro de radical livre (%ASRL), calculados com base na redução da absorbância em comparação a um branco, seguindo a fórmula abaixo:

$$DPPH \text{ reduzido (\%)} = \frac{Abs \text{ branco} - Abs \text{ da amostra}}{Abs \text{ branco}} * 100$$

## 2.7 Análise estatística

Foi realizada análise de variância ( $p < 0,05$ ) e posterior teste Tukey (5%) para todas as características avaliadas referentes aos compostos bioativos no programa SISVAR. Os dados de fenologia foram submetidos à análise de correlação de *Pearson* com os fatores climáticos (temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e radiação).

### 3 Resultados e Discussões

#### 3.1 Avaliação da fenologia

Os indivíduos de *S. terebinthifolia* Raddi estudados apresentaram comportamento fenológico sazonal com periodicidade anual, sendo a sincronia entre os indivíduos ao longo dos meses estudados caracterizada como elevada (Tabela 1) por apresentarem > 60% de indivíduos manifestando o mesmo evento fenológico, categorizados em nível 4.

A sincronia de folhas maduras e frutificação de 100% indica que todos os indivíduos avaliados apresentaram a fenofase ao mesmo momento, isso implica na facilidade de manejar e coletar folhas e frutos, que são materiais vegetais de interesse comercial desta espécie.

**Tabela 1** - Grau de sincronia por fenofases, em porcentagem de indivíduos de *S. terebinthifolia* Raddi, estimado no período de máxima atividade das espécies, Botucatu- SP, 2022.

|                                      | Folhas novas | Folhas maduras | Queda foliar | Floração | Frutificação |
|--------------------------------------|--------------|----------------|--------------|----------|--------------|
| <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi | 94           | 100            | 86           | 100      | 100          |

Fonte: Araújo (2025).

Na tabela a seguir os fatores climáticos como: temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%) e pluviosidade (mm) e radiação solar, coletadas da estação meteorológica de Botucatu durante o experimento, foram correlacionadas com as fenofases dos indivíduos estudados.

**Tabela 2** - Correlações de Pearson entre as fenofases avaliadas de *S. terebinthifolia* Raddi e os fatores climáticos (temperatura média, umidade relativa e pluviosidade média, radiação solar), na Fazenda Lageado - FCA/UNESP, Botucatu, 2022.

|                      | Folhas novas | Folhas maduras | Queda foliar | Floração | Frutificação |
|----------------------|--------------|----------------|--------------|----------|--------------|
| Temperatura °C       | 0,13         | 0,01           | 0,05         | 0,17     | 0,17         |
| Umidade relativa (%) | -0,11        | 0,03           | -0,07        | 0,56*    | 0,57*        |
| Precipitação (mm)    | -,002        | 0,05           | 0,01         | 0,65*    | 0,44         |
| Radiação solar       | -0,003       | 0,01           | 0,09         | 0,43     | -0,07        |

Fonte: Araújo (2025).

A partir dos dados observados é possível identificar que as fenofases não tiveram relação direta ou indireta com a temperatura (°C) e radiação solar. A umidade relativa do ar (%) não apresentou relação com as fenofases folhas novas, folhas maduras e queda foliar, apresentando correlação moderada positiva com a floração e a frutificação. A precipitação (mm) apresentou correlação moderada direta com a fenofase floração, ou seja, o aumento da temperatura eleva a intensidade desta fenofase.

Piedade-Kill & Ranga (2000) constataram em *Jacquemontia multiflora* (Convolvulaceae) que o surgimento de floração ocorre principalmente ao longo da estação chuvosa, sugerindo que a precipitação é o principal fator estimulador da produção de flores e frutos. Fato semelhante pode ser observado neste estudo, pois a correlação existente entre floração e precipitação permite as mesmas conclusões dos autores citados.

Na tabela 3 observa-se a presença das fenofases conforme os meses do ano. Folhas novas, embora encontradas durante toda a análise, tiveram maior intensidade no mês de julho e entre setembro e novembro.

Foi possível observar presença de folhas maduras durante todo o ano. A queda foliar ocorreu de forma expressiva em julho. O estudo de Milani *et al.* (2013) realizado no Paraná concluiu que a espécie se trata de uma perenifólia, que tem renovação anual de suas folhas e apresenta dois períodos com folhas jovens, o que foi notado no presente estudo.

A floração ocorreu majoritariamente entre outubro e dezembro. A frutificação foi observada de forma notória de outubro a janeiro, sendo considerada a janela de colheita dos frutos.

**Tabela 3** – Fases fenológicas de *S. terebinthifolia* Raddi em função dos meses do ano, na Fazenda Lageado - FCA/UNESP, Botucatu. 2022.

| Fenofases/meses | jan | fev | mar | abr | Mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Folhas novas    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Folhas maduras  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Floração        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Frutificação    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Queda foliar    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Fonte: Araújo (2025).

### 3.2 Rendimento de Óleo Essencial

Por intermédio das análises de variância pôde-se verificar efeito significativo da temperatura de secagem no teor de óleos essenciais (Tabela 4).

**Tabela 4** - Análise de variância do Teor de Óleo Essencial de frutos de *S. terebinthifolius* Raddi submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

| Fonte de Variação (FV) | Grau de liberdade (GL) | Quadrados Médios       |
|------------------------|------------------------|------------------------|
|                        |                        | Teor de óleo essencial |
| Secagem                | 3                      | 0,010096**             |
| Resíduos               | 20                     | 0,001219**             |
| Total                  | 23                     |                        |
| CV (%)                 |                        | 14,73%                 |

\*\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Araújo (2025).

A secagem de plantas medicinais, condimentares e aromáticas é baseada na conservação dos princípios ativos para a comercialização e uso, visando minimizar as perdas das propriedades. Conforme observado na tabela 5, a secagem da pimenta rosa à sombra obteve o maior rendimento de óleo – metodologia já utilizada por Correa *et al.* (2004) para determinar o rendimento de óleo essencial sob diferentes métodos de secagem, apontando que a secagem à sombra e sol proporcionava o maior rendimento de óleo em comparação à secagem em estufa.

**Tabela 5** - Média do Teor de Óleo Essencial de frutos de *S. terebinthifolius* Raddi submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

| Tratamentos | Teor de óleo essencial (%) |
|-------------|----------------------------|
| Sombra      | 0,293734 a                 |
| 45°         | 0,182014 c                 |
| 60°         | 0,245715 b                 |
| 85°         | 0,218307 c                 |

- As médias seguidas de um mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Araújo (2025).

Através da secagem à sombra, apesar de ser um processo mais lento, é possível desidratar o material apenas pela troca de umidade com o ar, preservando as características basais do material exposto. Esse tipo de secagem torna-se a mais econômica em relação à secagem em estufas, porém, em relação a sua viabilidade, seria necessário dispor de maiores áreas com ambiente controlado para realizar a secagem de grande escala de material.

A secagem em estufa a 60 °C também obteve rendimento considerável. Fonseca (2021) encontrou 4,61% de rendimento de óleo essencial quando o fruto é submetido à secagem a 60 °C, resultado semelhante ao encontrado por Lorenzi & Matos (2002), em que encontraram 5% de óleo essencial submetido às mesmas condições.

De acordo com Cruz (2014), 60 °C é a temperatura amplamente utilizada por agroindústrias, na qual adota-se o período de 2 horas para alcançar a umidade ideal nos frutos, tornando-se uma metodologia viável para indústrias devido ao curto período de secagem.

O consumo energético em operações de secagem em agroindústrias pode chegar a 40% do consumo total da indústria, tornando o tema relevante em relação a diminuição de custos. Segundo Governici (2019), ao utilizar temperaturas mais elevadas (como por exemplo, 60 °C), o consumo de energia elétrica é reduzido. Isto ocorre devido ao tempo de secagem tornar-se mais rápido, apesar do aumento da demanda para atingir a determinada temperatura de ar. Relacionando a escolha da temperatura do ar de secagem com base no rendimento do óleo essencial e na redução do consumo de energia elétrica durante a secagem, é possível afirmar que a secagem à sombra e em estufa a 60 °C são as mais eficientes para a secagem da pimenta rosa, principalmente em pequenas escalas.

Quanto à secagem em temperatura de 85 °C, pode-se observar um baixo rendimento do óleo, explicado por Ahmed *et al.* (2018), em que o aumento da temperatura de secagem pode provocar a volatilização do óleo essencial por ser um ativo sensível ao calor. Outro fator que explica o baixo rendimento nesta temperatura, são as características morfológicas da pimenta rosa – os óleos são excretados por canais secretores complexos protegidos pela casca, tornando-se necessário romper essa estrutura para aumentar a superfície de contato dos frutos durante o processo de extração por meio da hidrodestilação.

### 3.3 Análise de atividade antioxidante e compostos fenólicos

Por intermédio da análise de variância ( $p < 0,05$ ) é possível verificar efeito significativo da temperatura de secagem na atividade antioxidante (AA), não diferindo quanto ao teor de compostos fenólicos totais (Tabela 6).

**Tabela 6** - Análise de variância da Atividade Antioxidante e Compostos Fenólicos totais de frutos de *S. terebinthifolius* Raddi em diferentes temperaturas de secagem.

| Fonte de Variação (FV) | Grau de liberdade (GL) | Quadrados Médios       |                            |
|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
|                        |                        | Atividade Antioxidante | Compostos Fenólicos totais |
| Secagem                | 3                      | 6,540707 **            | 6523,242609 ns             |
| Resíduos               | 20                     | 0,235866               | 3292,950190                |
| Total                  | 23                     |                        |                            |
| CV (%)                 |                        | 0,52%                  | 16,45%                     |

\*\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

Fonte: Araújo (2025).

Frutos secos à sombra obtiveram menor porcentagem de atividade antioxidante (Tabela 7), devido ao maior tempo de secagem em que os frutos são expostos, podendo ocasionar oxidação dos compostos químicos. Apesar da técnica de secagem a sombra ser mais viável economicamente para pequenos produtores (Corrêa *et al.*, 2004), o processo pode resultar em uma maior atividade microbiana, resultando na decomposição da matéria vegetal devido à alta umidade (Borgo *et al.*, 2011). As temperaturas de secagens de 45 °C e 60 °C, atingiram máxima atividade antioxidante.

**Tabela 7** - Média da Atividade Antioxidante e Compostos Fenólicos Totais de frutos de *S. terebinthifolius* Raddi submetidos a diferentes temperaturas de secagem.

| Tratamentos | Atividade Antioxidante (%) | Compostos Fenólicos Totais (mg Eq.ac. gálico.100g <sup>-1</sup> MS) |
|-------------|----------------------------|---|
| Sombra      | 92,250287 c                | 305,268450  |
| 45°         | 94,527363 a                | 380,463842  |
| 60°         | 94,307310 a                | 366,803282  |
| 85°         | 93,302717 b                | 342,482030  |

- As médias seguidas de uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Araújo (2025).

Não foram observadas diferenças significativas quanto ao teor de polifenóis totais em função da secagem, no entanto é possível verificar superioridade das médias na secagem em temperatura de 45 °C e 60 °C, respectivamente (tabela 7).

Roy *et al.* (2007) verificou que para melhor preservação da atividade antioxidante e dos compostos fenólicos deve-se utilizar temperaturas inferiores a 50 °C, de forma a preservar estes compostos. Salgaço & Sacramento (2019) em avaliação de compostos fenólicos totais em pimentas do gênero *Capsium spp.*, também observaram que os compostos fenólicos são vulneráveis à ação da temperatura, bem como demonstrado ao secar a pimenta rosa a 85 °C, obtendo menor nível de ação antioxidante em relação aos demais tratamentos.

De forma a objetivar a redução e prevenção de compostos benéficos à saúde humana, em relação ao processamento de frutos pimenta rosa, o tratamento com temperatura elevada (85 °C) não se mostrou eficiente.

## 4 Conclusão

Indivíduos de *S. terebinthifolia* Raddi, de uma população nativa, mostraram-se síncronos quanto à manifestação de suas fenofases, tendo sua floração estimulada pelo aumento da precipitação (mm) e sua frutificação correspondida nos meses de outubro a janeiro.

A secagem à sombra (temperatura de 30 °C) foi eficiente na preservação dos óleos essenciais e as temperaturas de 45 °C a 60 °C são efetivas na manutenção da atividade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais.

## Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores estão cientes da submissão do artigo.

## REFERÊNCIAS

Ahmed, A., Ayoub, K., Chaima, A. J., Hanaa, L. & Abdelaziz, C. (2018). Effect of drying methods on yield, chemical composition and bioactivities of essential oil obtained from Moroccan *Mentha pulegium* L. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 638-643. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.10.016>.

Almeida, H. *Pimenta-rosa de São Mateus (ES) tem reconhecida indicação geográfica*. Canal Rural Online. <https://www.canalrural.com.br/agricultura/pimenta-rosa-de-sao-mateus-es-tem-reconhecida-indicacao-geografica/>.

Bencke, C.C. & Morellato, L.P.C. (2002). Comparação de dois métodos de avaliação de fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*, 25(3), 269-75. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000300003>.

Borgo, M., Tiepolo, G., Reginato, M., Kuniyoshi, Y. S., Galvão, F., Capretz, R. L. & Zwiener, V.P. (2011). Espécies arbóreas de um trecho de floresta atlântica do município de Antonina, Paraná, Brasil. *Floresta*, 41(4), 819 - 832. <https://doi.org/10.5380/rev.v41i4.25346>.

Clemente, A. D (2006). *Composição química e atividade biológica do óleo essencial da pimenta-rosa (Schinus terebinthifolius Raddi)* (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa). <https://locus.ufv.br/handle/123456789/2077>.

Corrêa, R.M., Bertolucci, S.K.V., Pinto, J.E.B.P., Reis, E.S. & Alves, T.L. (2004). Rendimento de óleo essencial e caracterização de folhas de assapeixe submetidas a diferentes métodos de secagem. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(2), 341-346. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000200013>.

Cruz, W. A., Lopes, R.S., Scherer, V.S., Luz, M.L.G.S., Luz, C.A.S., Gadotti, G.I. (2014). Projeto de instalação de uma agroindústria de secagem de pimenta rosa (aroeira). *Congresso de Iniciação Científica*. [https://cti.ufpel.edu.br/cic/arquivos/2014/EN\\_01384.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/cic/arquivos/2014/EN_01384.pdf).

Da Cunha, A. R.; Martins, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga*, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

Fonseca, M., A. N. Sediya, M., Pinto, L.O. C., Sartoratto, A., Bitencourt, E., Pinto, M.F., Souza, M. & Donzelles, M. L. S. (2021). Effect of drying temperature on yield and phytochemical quality of essential oil ex-

tracted from *Schinus terebinthifolius*. *Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável*, 11(1), 71–77. <https://doi.org/10.21206/rbas.v11i1.9944>.

Fournier, L.A. (1974). Un Método Cuantitativo para la Medición de Características Fenológicas en Árboles. *Turrialba*, 24(4), 422-3.

Gasparin, P. P.; Alves, N. C. C.; Coelho, S. R. M. Qualidade de folhas e rendimento de óleo essencial em hortelã pimenta (*Mentha x piperita* L.) submetida ao processo de secagem em secador de leito fixo. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 16, n. 2, p. 337-344, 2014.

Gomes, J. A. de O (2017). *Estudos Complementares ao Manejo do assa-peixe (Vernonia Polyanthes Less.): Fenologia, Fitoquímica, Histoquímica, Anatomia e Variação Sazonal Em População Nativa* (Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista). <https://hdl.handle.net/11449/150445>.

Governici, J. L. (2019). *Influência da temperatura do ar de secagem e da fragmentação dos frutos no rendimento de óleo essencial de pimenta-rosa* (Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Viçosa). <https://locus.ufv.br//handle/123456789/27352>.

Lorenzi, H. & Matos, F. J. A. (2008). *Plantas Mediciniais do Brasil: nativas e exóticas*. (2.ed.). Nova Odessa: Ed. Instituto Plantarum, SP.

Milani, J. E. F, Roderjan C. V., Kersten R. A., & Galvão, F (2013). Fenologia Vegetativa e Reprodutiva de *Schinus Terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial – Araucária (PR). *Estud Biol*.35(85),135-142. <https://doi.org/10.7213/estud.biol.35.085.AO04>.

Morellato, L. P. C. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: Rego, G. M.; Negrelle, R. B.; Morellato, L. P. C. (Org.). *Fenologia como ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais*. Curitiba: EMBRAPA, 2007. v. 1, p. 37-48.

Park, K. J.; Yado, M. K. M.; Brod, F. P. R. (2011). Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21(3),288-292. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000300007>.

Piedade-Kill, L. H.; Ranga, N. T. Biologia Floral e sistema de reprodução de *Jacquemontia multiflora* (Choisy) Hallier f. (Convolvulaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 37-43, 2000.

Reis, A. F., & Schmiele, M. (2019). Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2017150, 1-12. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>.

Roy, M. K., Takenaka, M., Isobe, S. & Tsushida, T. (2022). Antioxidant potential, anti-proliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: Effects of thermal treatment. *Food Chemistry*, 103(1), 106 -114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.002>.

Salgaço, M & Sacramento, L. V. S. do (2019). Avaliação de compostos fenólicos totais em pimentas capsicum spp. em função de processos térmicos. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 17(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v17i1.5135>.

Swain, T. & Hills, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Punns domestica*. I. Quantitative analysis of phenolics constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 19(1), 63-68. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>.