

## **Caracterização morfoanatômica e histoquímica de frutos de *Illicium verum* Hook. f. (Schisandraceae, Blume) (Illiciaceae)**

**Morphoanatomical and histochemical characterization of *Illicium verum* Hook fruits. f.**

**(Schisandraceae, Blume) (Illiciaceae)**

**Caracterización morfoanatômica e histoquímica de frutos de *Illicium verum* Hook. f.**

**(Schisandraceae, Blume) (Illiciaceae)**

Recebido: 03/10/2022 | Revisado: 18/10/2022 | Aceitado: 21/10/2022 | Publicado: 26/10/2022

**Rafael Aleixo dos Santos Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3131-0293>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [aleixorafaelarma@gmail.com](mailto:aleixorafaelarma@gmail.com)

**Graziela Cury**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0248-7786>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [graziela.cury@icbs.ufal.br](mailto:graziela.cury@icbs.ufal.br)

**Sâmia Andricia Souza da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9878-1719>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [sass@icf.ufal.br](mailto:sass@icf.ufal.br)

**Irinaldo Diniz Basílio Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2385-3842>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [irinaldo.junior@icf.ufal.br](mailto:irinaldo.junior@icf.ufal.br)

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho foi o de analisar a morfoanatomia dos frutos de anis-estrelado (*Illicium verum* Hook f.), com a finalidade de contribuir com sua correta identificação botânica. Os frutos foram analisados macroscopicamente e microscopicamente levando em consideração aspectos como deiscência, extensão longitudinal e transversal em sua porção inferior e dorsal, considerando a região mediana, formato e coloração das sementes e o tamanho dos frutos. Testes histoquímicos também foram empregados para identificação de compostos fenólicos, mucilagem, pectina, lipídios, amido, terpenos e oleorresinas. Os resultados evidenciaram folículos de tamanho médio de 10 mm longitudinal e 2 mm transversal e sua deiscência pode ocorrer tanto na superfície superior como na inferior. As sementes apresentaram formato elíptico e endosperma. O tegumento externo evidenciou células fortemente lignificadas e dispostas radialmente, sentido longitudinal, com pontoações. O pedúnculo, de formato estelar com três projeções e sistema vascular constituído por um cilindro vascular com xilema e floema primários, células parenquimáticas em plano transversal e células condutoras longitudinalmente. O epicarpo, constituído por células alongadas nos planos transversal e longitudinal e o mesocarpo por células parenquimáticas com espaços secretores e esclereídes. A histoquímica foi positiva para lipídeos e pectina. Nossos achados disponibilizam novos dados que podem auxiliar na identificação inequívoca dos frutos *I. verum*, dada a escassa informação disponível na literatura, que foi discrepante em alguns aspectos como: a disposição de feixes vasculares e da ocorrência de cavidades no mesocarpo em oposição a idioblastos.

**Palavras-chave:** *Illicium verum*; Anis-estrelado; Morfoanatomia; Controle-de-qualidade.

### **Abstract**

The objective of this work was to analyze the morphoanatomy of star anise fruits (*Illicium verum* Hook f.), in order to contribute to their correct botanical identification. The fruits were analyzed macroscopically and microscopically, taking into account aspects such as dehiscence, longitudinal and transverse extension in their lower and dorsal portions, considering the median region, shape and coloring of the seeds and the size of the fruits. Histochemical tests were also used to identify phenolic compounds, mucilage, pectin, lipids, starch, terpenes and oleoresins. The results showed follicles with an average size of 10 mm longitudinally and 2 mm transversally, and their dehiscence can occur on both the upper and lower surfaces. The seeds showed elliptical shape and endosperm. The external integument showed strongly lignified cells and arranged radially, longitudinally, with pits. The peduncle is stellar in shape with three projections and a vascular system consisting of a vascular cylinder with primary xylem and phloem, parenchyma cells in a transverse plane and conducting cells longitudinally. The epicarp contained elongated cells in the transverse and longitudinal planes and the mesocarp contained parenchyma cells with secretory spaces and sclereids. Histochemistry

was positive for lipids and pectin. Our findings provide new data that can help in the unequivocal identification of *I. verum* fruits, given the scarce information available in the literature, which was discrepant in some aspects such as: the arrangement of vascular bundles and the occurrence of cavities in the mesocarp as opposed to idioblasts.

**Keywords:** *Illicium verum*; Star anise; Morphoanatomy; Quality control.

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la morfoanatomía de frutos de anís estrellado (*Illicium verum* Hook f.), con el fin de contribuir a su correcta identificación botánica. Los frutos se analizaron macroscópicamente y microscópicamente, teniendo en cuenta aspectos como la dehiscencia, extensión longitudinal y transversal en sus porciones inferior y dorsal, considerando la región mediana, forma y color de las semillas y el tamaño de los frutos. También se utilizaron pruebas histoquímicas para identificar compuestos fenólicos, mucílagos, pectinas, lípidos, almidón, terpenos y oleoresinas. Los resultados mostraron folículos con un tamaño promedio de 10 mm longitudinalmente y 2 mm transversalmente, y su dehiscencia puede ocurrir tanto en la superficie superior como en la inferior. Las semillas presentaron forma elíptica y endospermo. El tegumento externo presentaba células fuertemente lignificadas y dispuestas radialmente, longitudinalmente, con fosas. El pedúnculo tiene forma estelar con tres proyecciones y un sistema vascular constituido por un cilindro vascular con xilema y floema primarios, células parenquimatosas en un plano transversal y células conductoras longitudinalmente. El epicarpio contenía células alargadas en los planos transversal y longitudinal y el mesocarpio contenía células de parénquima con espacios secretores y esclereidas. La histoquímica fue positiva para lípidos y pectina. Nuestros hallazgos aportan nuevos datos que pueden ayudar en la identificación inequívoca de frutos de *I. verum*, dada la escasa información disponible en la literatura, la cual discrepaba en algunos aspectos como: la disposición de los haces vasculares y la aparición de cavidades en el mesocarpio como opuesto a los idioblastos.

**Palabras clave:** *Illicium verum*; Anís estrellado; Morfoanatomía; Control de calidad.

## 1. Introdução

A espécie *Illicium verum* Hook f. (syn.: *Illicium san-ki* Perr), família Schisandraceae, popularmente conhecido como anís-estrelado é uma árvore perene nativa do continente asiático, cujos frutos secos são amplamente utilizados na medicina popular (Wang et al., 2011; Lim, 2012). A espécie recebe este nome pois botanicamente, cada folículo constituinte do fruto é conectado a uma região central, a columela, culminando em um formato semelhante a uma estrela, sendo também chamada vulgarmente de badiana ou badiana-da-china (Brasil, 2019).

Produzida principalmente na China e Vietnã, de onde é nativa e, de lá, exportada em escala mundial, *I. verum* possui grande utilidade na culinária, por aromatizar alimentos, além das indústrias de bebidas e doces. O extrato de anís-estrelado é rico em ácido chiquímico, substância importante que a indústria farmacêutica utiliza para a síntese do Fosfato de Oseltamivir (Tamiflu®), medicamento da classe terapêutica dos antivirais para o tratamento da gripe influenza (Silva et al., 2020).

Entre seus usos medicinais populares, o decocto dos frutos secos é empregado em tratamento de dispepsias e outros distúrbios gastrointestinais. As propriedades medicinais e terapêuticas de *I. verum*, são atribuídas ao *trans*-anetol, um fenilpropanóide que também é o componente majoritário do óleo essencial, em concentrações que compreendem mais de 90% da composição do óleo essencial (Marinov & Valcheva-Kuzmanova, 2015). Para esse óleo, já foram descritas atividades antioxidante, inseticida, fumegante e antimicrobiana (Dzamic et al., 2009).

No entanto, deve-se destacar que uma espécie cultivada no Japão, o *Illicium anisatum* L., é muito semelhante morfológicamente ao *I. verum*. É utilizada por chineses em alguns tratamentos de pele (Chempakam & Balaji, 2008; Wang et al., 2011), porém, não é indicada para consumo por via oral por ser tóxica, com efeitos neurológicos e gastrointestinais (Ize-Ludlow et al., 2004; Wang et al., 2011), como alucinações, convulsões, vômitos e diarreias devido a compostos tóxicos chamados veranisatinas e anisatinas (Howes et al., 2009).

A separação entre as duas espécies, costuma ser realizada visualmente, pelo número de folículos (geralmente seis a oito em *I. verum* e mais que nove em *I. anisatum*) (Wang et al., 2011); ou pela presença de um odor mais fraco em *I. anisatum* (Chempakam & Balaji, 2008). A confirmação dos testes visuais e organolépticos é confirmada por cromatografia gasosa, verificando-se o teor de *trans*-anetol, que na linhagem tóxica não costuma passar de 3% (Cook & Howard, 1966; Wang et al., 2011).

Ressalta-se que as drogas vegetais necessitam de rigoroso controle de qualidade, pois inúmeras espécies são comercializadas sem nenhuma garantia, o que favorece a ocorrência de problemas como venda de espécies falsificadas, armazenamento inadequado, identificação botânica equivocada, presença de contaminantes, embalagens inadequadas ao produto e ausência de prazo de validade (Pereira et al., 2011; Miguel & Miguel, 1999). No caso do *I. verum*, por exemplo, a semelhança macroscópica entre ela e a espécie adulterante pode ocasionar, facilmente, casos de intoxicação para o consumidor, o que ressalta ainda mais a importância do seu conhecimento morfoanatômico.

Assim, neste trabalho objetivou-se caracterizar morfoanatomicamente frutos de anis-estrelado para contribuir com sua correta identificação botânica e analisar a presença de classes de compostos químicos. Essas análises pretendem auxiliar no controle de qualidade do produto comercializado além de garantir maior segurança de uso.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Aquisição do material

Os frutos de *I. verum* foram adquiridos em estabelecimentos comerciais de produtos naturais de forma aleatória, num total de 600g em junho de 2021.

### 2.2 Análises macroscópicas

Para as análises macroscópicas, foram observados cerca de 50 folículos em estereomicroscópios e fotografados digitalmente. Foram analisadas as seguintes características: deiscência, extensão longitudinal e extensão transversal em sua porção inferior ou dorsal, sempre considerando a região mediana, formato e coloração das sementes. O tamanho dos frutos foi obtido a partir da medição de 50 folículos utilizando o *software Image J* e calculada a média aritmética dos valores obtidos.

### 2.3 Análises microscópicas e histoquímicas

Para as análises anatômicas e histoquímicas, aproximadamente 20 folículos, bem como o mesmo número de pedúnculos, columelas e sementes, foram fervidos por 120-150 minutos em água destilada e seccionados à mão, com auxílio de lâmina de barbear, nos planos transversal e longitudinal. As secções foram coradas com solução aquosa de safranina e azul de Alcian 9:1 (Bukatsch, 1972) e montadas em lâminas histológicas semipermanentes com glicerina 40%.

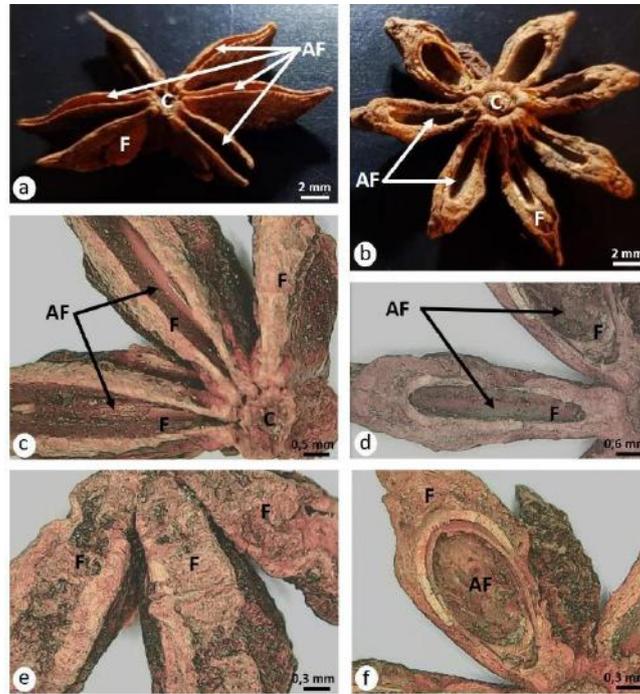
Para a detecção de substâncias químicas foram realizados os seguintes testes: cloreto férrico para compostos fenólicos (Johansen, 1940); vermelho de rutênio para mucilagem e pectina (Johansen, 1940); Sudan IV e Sudan Black B para lipídios (Pearse, 1972); lugol para amido (Johansen, 1940) e; reagente de NADI para os terpenos (óleos essenciais) e oleorresinas (David & Carde, 1964).

As lâminas foram observadas em microscopia ótica e as imagens foram capturadas diretamente do microscópio com o uso de câmera digital.

## 3. Resultados

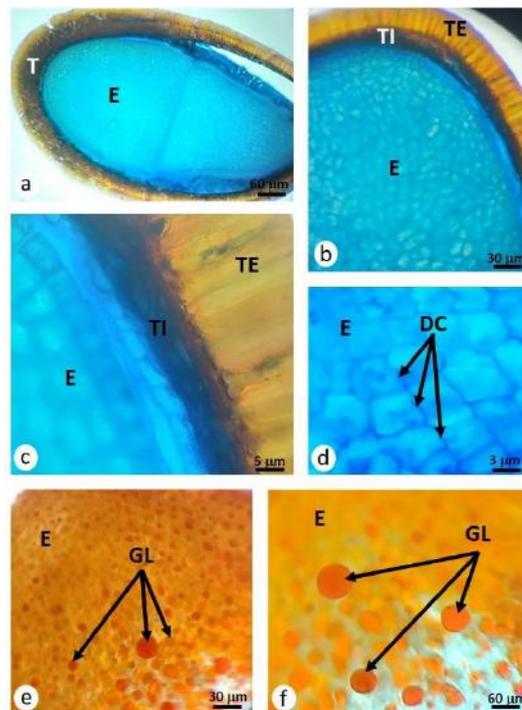
Em relação à deiscência dos folículos, foi observado que esta pode ocorrer tanto pela superfície superior quanto pela superfície inferior. Seu tamanho apresentou 10 mm de extensão longitudinal e 2 mm de extensão transversal (Figura 1). A semente liberada possui formato elíptico (Figura 2a) com tegumento externo e interno (Figuras 2b, c) e endosperma (Figura 2). O tegumento externo é composto por uma camada de células fortemente lignificadas, dispostas radialmente no sentido longitudinal, com pontuações (Figura 2c), enquanto o tegumento interno era formado por aproximadamente quatro camadas de células vivas adjacentes ao endosperma (Figura 2c), o qual evidenciou intensa atividade de divisão celular (Fig. 2d), muitos grãos de amido e muitas gotas lipídicas reveladas pelo teste com Sudan IV (Figuras 2e, f).

**Figura 1** - Frutos de *Illicium verum*. **a, c, f**: superfície ventral do fruto, mostrando os folículos abertos após eliminação das sementes. **b, d, e**: superfície dorsal do fruto. **b, e**: folículos abertos após eliminação das sementes. **d**: folículos fechados. AF = abertura dos folículos; C = columela; F = folículo.



Fonte: Autores (2022).

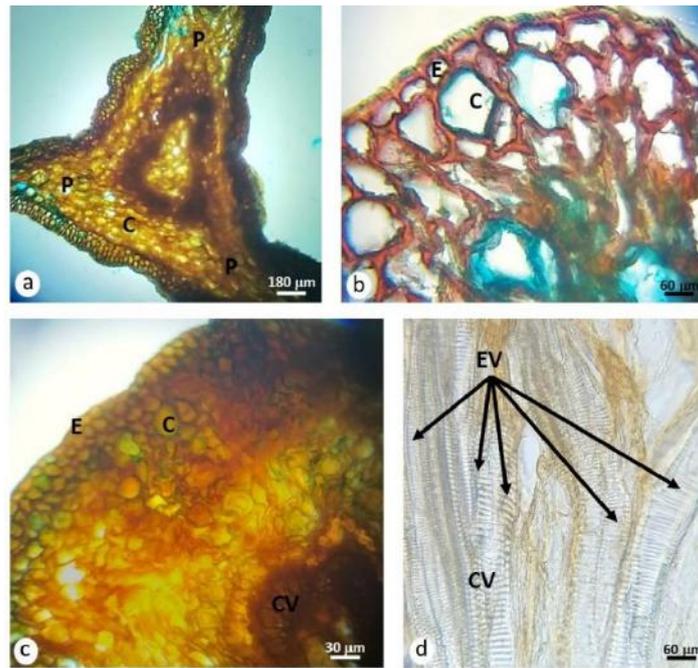
**Figura 2** - Cortes longitudinais das sementes de *Illicium verum*. E = endosperma; DC = divisões celulares; GL = gotas lipídicas; T = tegumentos; TE = tegumento externo; TI = tegumento interno.



Fonte: Autores (2022).

O pedúnculo (Figura 3) apresentou contorno estelar, com três projeções (Figura 3a). Epiderme composta por células de formato irregular com paredes periclinais mais espessas que as anticlinais (Figura 3b). Interno à epiderme, o córtex foi observado formado por células parenquimáticas (Figura 3c). O sistema vascular era composto por um cilindro vascular com xilema e floema primários ao redor de uma medula composta por células parenquimáticas (Figura 3 a,c) em plano transversal e, em plano longitudinal, as células condutoras foram observadas axialmente (Figura 3 d).

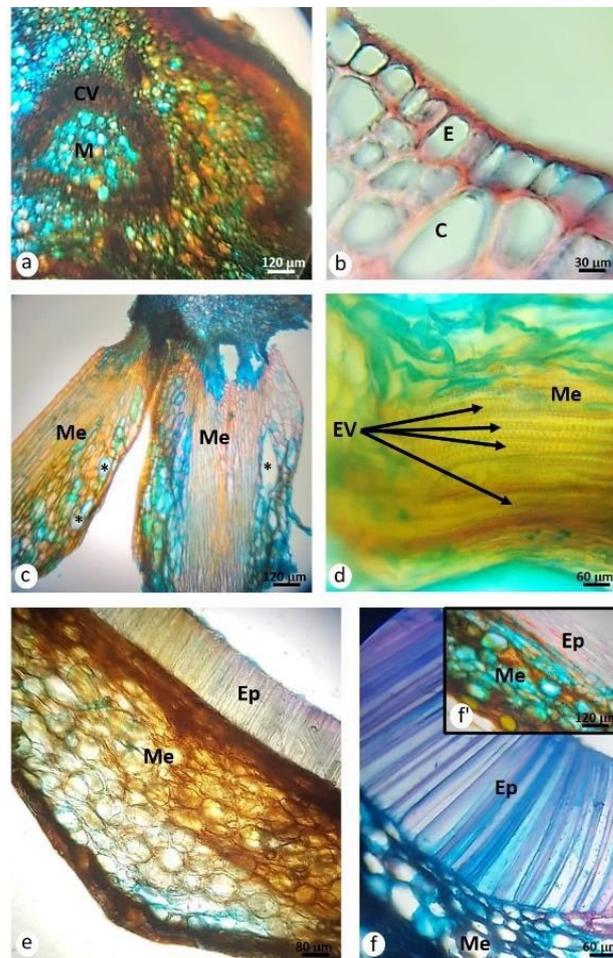
**Figura 3** - Pedúnculo de *Illicium verum*. **a-c**: cortes transversais. **d**: corte longitudinal. C = córtex; CV = cilindro vascular; E = epiderme; EV = elemento de vaso; P = projeções.



Fonte: Autores (2022).

A columela apresentou contorno arredondado, com leves ondulações (Figura 4 a) e epiderme composta por células com paredes anticlinais maiores que as periclinais (Figura 4 b). Interno à epiderme observou-se um córtex semelhante ao do pedúnculo. O xilema e floema primários, também eram semelhantes aos encontrados no pedúnculo, porém já se observou uma certa desorganização nessa estrutura e, nas porções superiores, os feixes vasculares encontravam-se dispostos radialmente e direcionando-se aos folículos (Figuras 4 c,d).

**Figura 4** - Columela de *Illicium verum*. **a-d**: cortes transversais. **e,f**: cortes transversais do folículo de *I. verum*. C = córtex; E = epiderme; Ep = epicarpo; EV = elemento de vaso; M = medula; Me = mesocarpo.

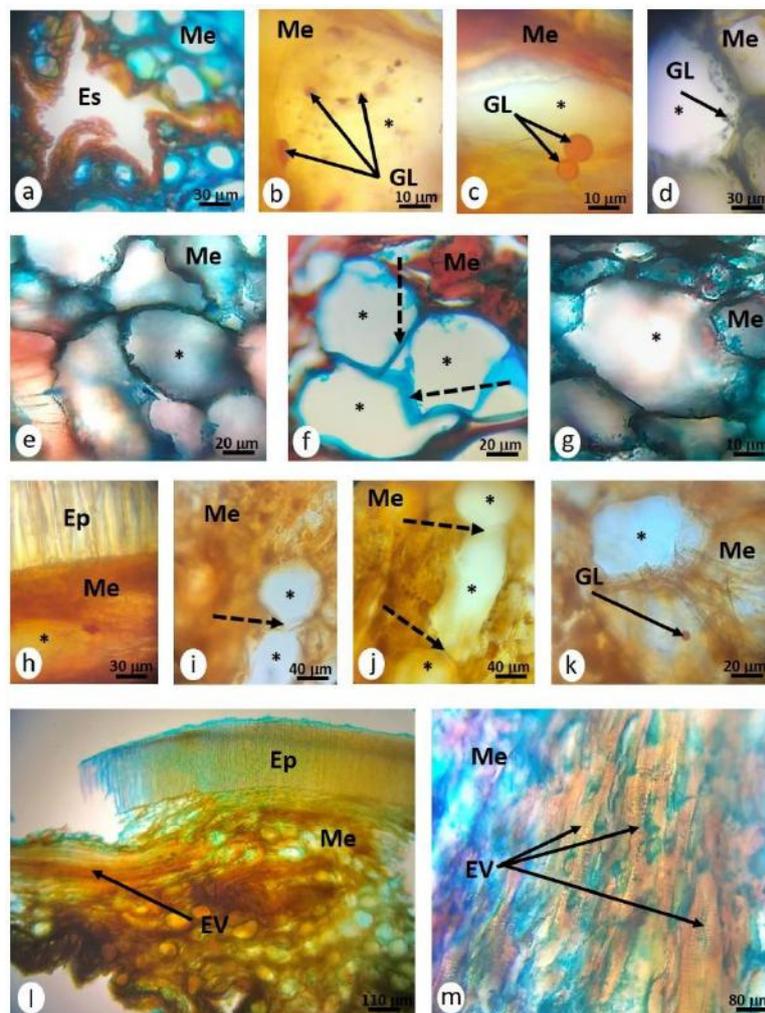


Fonte: Autores (2022).

Nos folículos, o epicarpo revelou células alongadas em plano transversal (Figuras 4 e,f) e células alongadas em plano longitudinal (Figura 4 f'). O mesocarpo era constituído por células parenquimáticas com espaços secretores (Figuras 4 e) e esclereídes ramificadas com projeções curtas (Figura 5 a). Muitas células parenquimáticas do mesocarpo continham gotas lipídicas, evidenciadas pelos testes com Sudan IV e Sudan Black B (Figuras 5 b-d). Dentre as células parenquimáticas os espaços secretores foram observados como cavidades formadas por processos de esquizogênese e lise (Figuras 5 e-g, i-k), com epitélio contendo material lipídico, também detectado pelos testes acima citados (Figuras 5 h-k).

Ainda no mesocarpo, foram visualizados feixes vasculares dispostos longitudinalmente (Figuras 5 l,m), oriundos do pedúnculo e da columela, onde estavam dispostos axialmente. O endocarpo apresentou-se composto por fibras dispostas radialmente no plano transversal.

**Figura 5** - Cortes transversais do folículo de *Illicium verum*. Ep = epicarpo; Es = esclereíde; EV = elementos de vaso; GL = gotas lipídicas; Me = mesocarpo; setas tracejadas = septos entre os espaços secretores; \* = espaços secretores.



Fonte: Autores (2022).

#### 4. Discussão

O estudo de Macrini (2012), que realizou a análise macroscópica de duas amostras de anis-estrelado, sugere que apenas os caracteres macroscópicos e fitoquímicos são o suficiente para diferenciação da referida espécie e de seu adulerante. Entretanto, ressaltamos que a microscopia é o padrão ouro para uma identificação inequívoca de um dado material vegetal, dada as possíveis semelhanças macroscópicas e químicas entre espécies do mesmo gênero.

Em relação ao tamanho dos folículos, neste trabalho foi encontrado o valor de 10 mm de extensão longitudinal, enquanto na Farmacopeia Brasileira o valor varia de 10 a 20 mm (Brasil, 2019). Porém, a diferença no tamanho de frutos, de uma forma geral, pode estar relacionada ao estágio de maturação (Borges et al., 2010; Schulz et al., 2014), que é regulada por fatores epigenéticos (Taiz et al., 2017) ou à procedência da amostra (Pereira et al., 2017).

A literatura também cita que na época da maturação o folículo torna-se deiscente e abre-se no bordo superior (sutura ventral), por uma larga fenda, que deixa ver sua face interna lisa e brilhante, de cor castanho-amarelada, e uma única semente oval, castanho-avermelhada ou castanho-amarelada, dura e brilhante, truncada na base, onde se distinguem o hilo e a micrópila bastantes próximos um do outro (Brasil, 2019). No entanto, neste estudo, foi observado que a deiscência dos folículos pode ser tanto pela superfície superior (bordo superior – sutura dorsal), quanto pela superfície inferior (bordo inferior – sutura ventral).

Os frutos são classificados como deiscentes (frutos secos) ou indeiscentes (frutos carnosos) (Taiz et al., 2017). A deiscência dos frutos do tipo folículo, como no caso do anis estrelado, ocorre pela abertura de uma fenda longitudinal, que se forma na sutura ventral ou marginal (Souza, 2006). Em *I. verum* e mais oito espécies de *Illicium* foi reportada a deiscência ventral dos folículos (Romanov, 2013), mas nada na literatura reporta a deiscência dorsal para o gênero.

Em relação às análises anatômicas de *I. verum*, a literatura traz poucas informações. Em Joshi et al. (2005), por exemplo, os autores levantaram características úteis para distinguir *I. verum* de *I. anisatum*, como a caracterização das células do folículo. Já Putiyanan e Charoensupet (2010) analisaram as características microscópicas do fruto e de seu pó, o que revelaram a presença de esclereídes de paredes espessas, células parenquimáticas marrom-avermelhado no mesocarpo e células com paredes finas no endocarpo, o que também foi verificado neste estudo, porém em cortes histológicos.

Observações sobre a morfologia dos folículos, no que se refere à sua superfície, trouxeram poucas informações para caracterizar a espécie, como a estrutura da cutícula que é muito variável e não pode servir como um caráter confiável para identificação (Fritz et al., 2008).

Os trabalhos encontrados na literatura (Brasil, 2019; Putiyanan & Charoensupet, 2010; Romanov et al. 2013) mostram no mesocarpo a presença de xilema e floema dispostos em feixes no sentido axial, vistos no plano transversal. No entanto, observamos que esses tecidos condutores, dispõem-se no plano transversal, como células alongadas, o que caracteriza uma disposição longitudinal, vistas em plano transversal. Isso pode ser verificado pela disposição destes no pedúnculo e na columela, vistos em plano transversal como feixes e, quando são emitidos aos folículos são observados como células dispostas radialmente.

A descrição anatômica dos frutos de *I. verum* encontrada em Brasil (2019), descreve o seu mesocarpo com idioblastos secretores oleíferos, esféricos e com paredes finas. Neste trabalho, foram observadas no mesocarpo muitas cavidades secretoras formadas por meio de processo esquisolisígeno, no qual as células separam-se e sofrem lise para a formação dos espaços. Já Romanov et al. (2013) não relataram a presença de nenhuma das duas estruturas. Na literatura, a diferença entre idioblastos e cavidades é bem descrita e, enquanto idioblastos são células secretoras que se destacam por seu formato, tamanho e principalmente pelo conteúdo no tecido onde ocorrem as demais células (Souza, 2003; Castro & Machado, 2012), podendo estar isoladas ou em grupos (Ferri et al. 1981), as cavidades são espaços que podem se originar pela dissolução de células ou pela separação de células ao longo da lamela média ou ainda, pela combinação de ambos os processos (Souza, 2003), como foi aqui observado. No entanto, vale destacar que há opiniões divergentes, sobre o padrão de desenvolvimento de cavidades em alguns *taxa* (Evert, 2013). Como exemplo, existe o trabalho de Turner et al. (1998), no qual os autores observaram que a aparência lisígena é resultado de artefatos de fixação. Ainda é necessário ressaltar que cavidades são diferentes de canais secretores, visto que Col, já em 1903, destacou pela primeira vez a diferença entre canais e cavidades, considerando que as cavidades são mais curtas e mais largas (Souza, 2003).

O teste para lipídeos totais foi confirmatório para os reagentes Sudan IV e Black B, apresentando coloração alaranjada e negro-azulada, respectivamente. A principal função de lipídeos nas plantas é de reserva de energia para sobrevivência do vegetal, uma vez que esta classe de compostos provém da glicose produzida pela fotossíntese. Além disso, os lipídeos estão provavelmente relacionados a processos de defesa contra herbivoria conforme discutido por Appezzato-da-Glória et al. (2008). Além disso, estruturas secretoras podem ser úteis em estudos taxonômicos e para isso, não só a correta identificação das estruturas é necessária, mas também verificar sua localização dentro do órgão analisado (Cury & Appezzato-da-Glória, 2009).

No entanto, as cavidades podem também estar envolvidas com o armazenamento de terpenos e fenilpropanoides, mas também de outros compostos do metabolismo secundário, como alcaloides e compostos fenólicos (Ventrella & Vieira, 2009).

O teste com vermelho de rutênio foi positivo para a presença de pectina na amostra. A coloração característica se concentrou na camada do endocarpo do fruto. A pectina é uma macromolécula, um heteropolissacarídeo que contém resíduos de ácido galacturônico. Nos vegetais, possui função na adesão celular, firmando-as durante seu processo de crescimento,

amadurecimento e processamento (Paiva et al., 2009). Como fibra solúvel, tem importante função na digestão, ajudando a hidratar o material fecal, melhorando sua eliminação e a flora intestinal, atuando então como laxante natural (Zanin, 2020).

O reagente de Nadi, corante para terpenos, não apresentou coloração azul nos cortes feitos, atestando a ausência deste grupo de metabólitos secundários na amostra. Isto poderia ser justificado pela perda de terpenos de mais baixo peso molecular (monoterpenos), durante o processo de amolecimento do material vegetal, ocasionada pela volatilização, degradação durante o processo ou pelas condições de armazenamento da amostra no local de venda. Os testes para cloreto férrico e para cloreto de zinco, assim como Nadi, também não apontaram a presença de compostos fenólicos e de amido na amostra, respectivamente.

## 5. Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho adicionaram novos dados para a identificação de *I. verum*, principalmente em relação ao que foi descrito em Brasil (2019), uma vez que o restante da literatura nacional fornece dados anatômicos escassos sobre a espécie principalmente com relação a microscopia e a literatura internacional pouco contribuiu com essas informações. Dentre os dados obtidos, ressaltamos principalmente aqueles que estão em desacordo com os da Farmacopeia brasileira, como a disposição dos feixes vasculares nos folículos e a ocorrência de cavidades no mesocarpo ao invés de idioblastos, tal como está descrito nessa referência.

## Referências

- Appezato-da-Glória, B., Hayashi, H., Cury, G., Soares, M. K. M., & Rocha, R. (2008). Occurrence of secretory structures in underground systems of seven Asteraceae species. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 157, 789–796.
- Borges, K. C. F., Santana, D. G., Melo, B., & Santos, C. M. (2010). Rendimento de polpa e morfometria de frutos e sementes de pitangueira-do-cerrado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32, 471-478.
- Brasil. (2019). *Farmacopéia Brasileira*. Brasília: ANVISA.
- Bukatsch, F. (1972). Bemerkungen zur Doppelfärbung. *Microkosmos*, 61: 255.
- Castro, M. M., & Machado, S. R. (2012). Células e Tecidos Condutores. In: Anatomia Vegetal. Eds. Appezato-da-Glória, B. A., Carmello-Guerreiro, S. M. 2012. UFV: Viçosa. p. 187-191
- Col, M. (1903). Recherches sur l'appareil sécréteur interne des Composées. *Journal de Botanique*, 17, 288-318.
- Cook, W. B., & Howard, A. S. (1966). The essential oil of *Illicium anisatum* Linn. *Canadian Journal of Chemistry*, 44, 1-4.
- Cury, G., & Appezato-da-Glória, B. (2009). Internal secretory spaces in thickened underground systems of Asteraceae species. *Australian Journal of Botany*, 57, 229–239.
- David, R., & Carde, J. P. (1964). Coloration différentielle des inclusions lipidiques et terpeniques des pseudophylles du pin maritime au moyen du reactif Nadi. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 258, 1338-1340.
- Dzamic, A., Sokovic, M., Ristic, M. S., Grijic-Jovanovic, S., Vukojevic, J., & Marin, P. D. (2009). Chemical composition and antifungal activity of *Illicium verum* and *Eugenia caryophyllata* essential oils. *Chemistry of Natural Compounds*, 45, 259–261.
- Evert, R. F. (2013). *Anatomia das plantas de Esau – meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento*. São Paulo, SP: Blucher.
- Ferri, M. M., Menezes, N. L., & Monteiro, W. R. (1981). *Glossário Ilustrado de Botânica*. São Paulo, SP: Nobel.
- Fritz, E., Ölzant, S. M., & Länger, R. (2008). *Illicium verum* Hook. f. and *Illicium anisatum* L.: anatomical characters and their value for differentiation. *Scientia Pharmaceutica*, 76, 65-76.
- Howes, M.-J. R., Kite, G. C., & Simmonds, M. S. J. (2009). Distinguishing chinese star anise from japanese star anise using thermal desorption – gas chromatography – mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 13, 5783-5789.
- Ize-Ludlow, D., Ragone, S., Bruck, I. S., Bernstein, J. N., Duchowny, M., Barbara M., & Garcia Peña, B. M. G. (2004). Neurotoxicities in infants seen with the consumption of star anise tea. *Pediatrics*, 114, 653-656.
- Johansen, D. A. (1940). *Plant microtechnique*. New York, NY: Mc Graw - Hill Book.
- Joshi, V. C., Srinivas, P. V., & Khan, I. A. (2005). Rapid and easy identification of *Illicium verum* Hook. f. and its adulterant *Illicium anisatum* Linn. by fluorescent microscopy and gas chromatography. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 88, 703-706.

- Lim, T. K. (2012). *Illicium verum*. *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*, 151-160.
- Macrini, T. (2012). Análise farmacognóstica de amostras de drogas vegetais psicoativas comercializadas em Diadema. Tese USP, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 123p.
- Marinov, V., & Valcheva-Kuzmanova, S. (2015). Review on the pharmacological activities of anethole. *Scripta Scientifica Pharmaceutica*, 2, 14-19.
- Miguel, M. D., & Miguel, O. G. (1999). *Desenvolvimento de fitoterápicos*. São Paulo, SP: Probe Editorial.
- Paiva, E. P., Lima, M. S., & Paixão, J. A. (2009). Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. *Revista Iberoamericana de Plúmero*, 4, 196-211.
- Pearse, A. G. E. (1972). *Histochemistry: theoretical and applied*. Baltimore, MA: The Williams & Wilkins Company.
- Pereira, J. C. N., Silva, L. L. M., Araújo, M. C., & Oliveira, I. S. (2011). Análise microbiológica de ervas medicinais na cidade de Vitória de Santo Antão – PE. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, 8 e 9, 205-216.
- Pereira, M. O., Navroski, M. C., Hoffmann, P. M., Grabias, J., Blum, C. T., Nogueira, A. C., & Rosa, D. P. (2017). Qualidade de sementes e mudas de *Cedrela fissilis* Vell. em função da biometria de frutos e sementes em diferentes procedências. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 16, 376-385.
- Putiyanan, S., & Charoensupet, S. O. W. (2010). Pharmacognostic characterization of *Illicium verum* Hk. f. for dental application. *Journal of Natural Sciences*, 9, 1-6.
- Romanov, M. S., Bobrov, A. V. F. C. H., & Endress, P. K. (2013). Structure of the unusual explosive fruits of the early diverging angiosperm *Illicium* (Schisandraceae s.l., Austrobaileyales). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 171, 640–654.
- Schulz, D. G., Oro, P., Volkweis, C., Malavasi, M. M., & Malavasi, U. C. (2014). Maturidade fisiológica e morfometria de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. *Floresta e Ambiente*, 21, 45-51.
- Silva, R. A. S., Calumby, R. J. N., Santos, I. K. S., Silva, S. A. S., Almeida, L. M., Nascimento, T. G. N., & Basílio-Júnior, I. D. (2020). Prospecção tecnológica do potencial antibacteriano e antifúngico do anis-estrelado (*Illicium verum* Hook F.). *Revista Humanidades e Inovação*, 7, 327-338.
- Souza, L. A. (2003). *Morfologia e anatomia vegetal – célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: UEPG.
- Souza, L. A. (2006). *Anatomia do fruto e da semente*. Ponta Grossa: UEPG.
- Strasburger, E. (1911). Kernteilungsbilder bei der Erbse. *Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung*, 02, 1-23.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed.
- Turner, G. W., Berry, A. M., & Gifford, E. M. (1998). Schigenous cavities of *Citrus limon* (L.) Burm. f. and a reevaluation of the lysigenous gland concept. *International Journal of Plant Science*, 159, 75-88.
- Ventrella, M. C., & Vieira, M. F. (2009). Tópicos de botânica no estudo de plantas medicinais. In: Leite, J. P. Fitoterapia: Bases científicas e tecnológicas. São Paulo: Atheneu. p. 21-46.
- Wang, G., Hu, W., Huanh, B., & Quin, L. (2011.) *Illicium verum*: a review on its botany, traditional use, chemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 1, 10-20.
- Zanin, A. (2020). Tratamento anaeróbico em escala piloto de efluente de beneficiamento do soro do leite. Dissertação Mestrado, Universidade de Passo Fundo. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Rio Grande do Sul, 102 f.