

Artigo Científico

ANATOMIA FOLIAR E CAULINAR DE *Pachira aquatica* Aubl. (MALVACEAE): ASPECTOS AMBIENTAIS, TAXONÔMICOS E DIDÁTICOS

Leaf and stem anatomy of *Pachira aquatica* Aubl. (Malvaceae): environmental, taxonomic and didactic aspects

Fabiano Rodrigues Pereira¹, Mariana Novais Antunes², Carlos André Espolador Leitão^{3*}

¹Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. <https://orcid.org/0001-5357-118X> ²Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. <https://orcid.org/0000-0002-4651-7916> ³Departamento de Ciências Naturais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem-Querer, Km 4, s/Nº Bairro Universidade, 45031-900, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-1988-7436>

Submetido em: 30.05.2023; Aceito em: 14.08.2023; Publicado em: 28.08.2023.

*Autor para correspondência: candreel@yahoo.com.br

Resumo: *Pachira aquatica* é uma árvore nativa da América do Sul utilizada na alimentação, obtenção de madeira e arborização urbana. Embora relativamente bem estudada, falta uma descrição estrutural detalhada dessa espécie. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo descrever a anatomia dos órgãos vegetativos aéreos de *P. aquatica* crescendo no Semiárido Bahiano. Para este fim, foi utilizada metodologia usual em anatomia vegetal. A folha é palmaticomposta, hipoestomática, heterobárica, com mesófilo dorsiventral onde o parênquima lacunoso possui espaços intercelulares muito amplos. A nervura principal se projeta para ambas as faces e a de 2ª ordem apenas para a face adaxial. Na nervura principal ocorre uma fenda com tricomas secretores, tratando-se possivelmente de um nectário extrafloral. O pecíolo tem contorno circular em corte transversal. A vascularização consiste em um anel tetralobado de feixes vasculares colaterais. O caule em estrutura primária é pentalobado e possui braquiesclereídes no córtex. Seus feixes vasculares são justapostos delimitando medula amilífera. Quando em estrutura secundária, o sistema axial do floema se organiza em grupos triangulares separados por raios centrifugamente mais abertos, quando observado em corte transversal. O lenho possui parênquima axial apotraqueal difuso a difuso em agregados. Os raios são uni ou multisseriados e heterocelulares. Ocorrem cristais do tipo drusa em todos os órgãos analisados. Também, idioblastos mucilaginosos longitudinalmente enfileirados nas nervuras de 1ª a 3ª ordem, no córtex e na medula do pecíolo e do caule. Conclui-se que *P. aquatica* tem características anatômicas adaptadas a ambientes úmidos bem como mais secos e seus órgãos em estrutura primária produzem abundante mucilagem. Sua madeira é aparentemente susceptível a trincas. Os órgãos analisados, pela facilidade no seccionamento a mão livre e pela variedade de estruturas interessantes, são um ótimo material para aulas práticas em anatomia vegetal.

Palavras-chave: Árvore, estrutura, madeira, órgãos vegetativos, planta medicinal.

Abstract: *Pachira aquatica* is a tree native to South America used in food, obtaining wood and urban afforestation. Although relatively well studied, a detailed structural description of this species is lacking. Therefore, the present work aimed to describe the anatomy of the aerial vegetative organs of *P. aquatica* growing in the semi-arid region of Bahia. For this purpose, was employed usual methodology in plant anatomy. The leaf is palmaticomposite, hypostomatic, heterobaric, with a dorsiventral mesophyll where the spongy parenchyma has very wide intercellular spaces. The main vein projects to both faces and the 2nd order vein only to the adaxial face. In the main vein, there is a slit with secretory trichomes, possibly being an extrafloral nectary. The petiole is circular in cross-section. The vasculature consists of a tetralobed ring of collateral vascular bundles. The stem in primary structure is pentalobed and has brachysclereids in the cortex. Its vascular bundles are juxtaposed, delimiting the starchy medulla. When in secondary structure, the axial system of the phloem is organized in triangular groups separated by more open rays in the centrifugal direction, when observed in cross-section. The wood has apotracheal axial parenchyma diffuse to diffuse in aggregates. The rays are uni or multiseriate and heterocellular. Drusen-type crystals occur in all analyzed organs. In addition, longitudinally rowed mucilaginous idioblasts occur in the 1st to 3th order veins, in the cortex and medulla of the petiole and stem. It is concluded that *P. aquatica* has anatomical characteristics adapted to humid as well as drier environments and its organs in primary structure produce abundant mucilage. Its wood is apparently susceptible to cracks. The analyzed organs, due to the ease of freehand sectioning and the variety of interesting structures, are excellent material for practical classes in plant anatomy.

Keywords: Medicinal plant, structure, tree, vegetative organs, wood.

INTRODUÇÃO

Estudos filogenéticos baseados principalmente em dados morfológicos e moleculares mostraram que as antigas famílias Tiliaceae, Sterculiaceae, Bombacaceae e Malvaceae *strictu sensu* formam um grupo monofilético, Malvaceae *lato sensu* (JUDD, 2015). A família Malvaceae *l.s.* está dividida nas subfamílias Bombacoideae, Brownlowioideae, Byttnerioideae, Dombeyoideae, Grewioideae, Helicteroideae, Sterculioideae, Tilioideae e Malvoideae (PÉCHON & GIGORD, 2014).

A monofilia da subfamília Bombacoideae é bem apoiada em dados moleculares e pela presença de folhas compostas palmadas em quase todos os táxons (ALVERSON *et al.*, 1999). A subfamília possui 27 gêneros e aproximadamente 250 espécies. *Pachira* Aubl. é considerado o maior gênero da subfamília, apresentando 50 espécies na maioria neotropicais e seis espécies encontradas na África tropical (BAYER & KUBITZKI, 2003; CARVALHO-SOBRINHO *et al.*, 2014). Provavelmente se trata de um gênero parafilético relacionado ao monofilético gênero *Eriotheca* Schott & Endl. (CARVALHO-SOBRINHO *et al.*, 2016).

No Brasil ocorrem 19 espécies de *Pachira* predominantemente na região amazônica. São utilizadas como plantas ornamentais, especialmente para a arborização de praças e jardins (PEIXOTO & ESCUDEIRO, 2002; DUARTE, 2015). *Pachira aquatica* Aubl., conhecida popularmente como cacau-falso, cacau-selvagem, carolina, castanheira-de-água, castanheiro-da-guiana, castanheiro-do-maranhão, castanhola, embiratanha, mamorana, monguba (LORENZI, 1992), castanha-do-maranhão, munguba (PANTOJA *et al.*, 2020), ibonguiaba e ibomguiva (PEIXOTO & ESCUDEIRO, 2002) é uma árvore nativa da América do Sul, podendo ocorrer em toda a região amazônica em terrenos sujeitos a inundações periódicas, e também em solo seco, devido à sua alta capacidade de adaptação a condições adversas de clima e solo (LORENZI, 1992).

A espécie pode atingir de 6 a 14 metros de altura, possui copa grande e muito densa e sua madeira é leve podendo ser empregada na construção civil para usos internos e na fabricação de palitos de fósforo, caixotes, molduras (DÉTIENNE *et al.*, 1983; LORENZI, 1992), papel e compensado (FONSECA *et al.*, 2005). Suas flores são chamativas em virtude do tamanho, perfume e coloração dispondo-se principalmente na parte terminal dos ramos enaltecendo a beleza da árvore. As sementes são utilizadas no setor alimentício, podendo ser consumidas cruas, assadas, cozidas ou torradas e transformadas em farinha (LORENZI, 1992). São fonte de proteínas, carboidratos e na produção de óleos (OLIVEIRA *et al.*, 2000) ricos em ácidos graxos e fenóis antioxidantes, favorecendo sua aplicação para fins alimentícios e como matéria-prima para indústria farmacêutica e de cosméticos (JORGE & LUZIA, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2019). Também a semente, quando crua, tem ação purgante (PEIXOTO & ESCUDEIRO, 2002). As folhas podem ser cozidas e comidas como verdura (ROTH & LINDORF, 1991) e são fonte de óleos voláteis de ação antimicrobiana (EL-DIN *et al.*, 2018). Porém, mesmo sendo muito apreciada pelas populações amazônicas, a munguba é pouco aproveitada nas demais regiões do Brasil não sendo reconhecida ainda como uma espécie de relevância para exploração econômica (JORGE & LUZIA, 2012).

O conhecimento sobre a estrutura anatômica de uma espécie vegetal é de grande importância, fornecendo subsídios para diferentes áreas de estudo (ALFENAS & MAFIA, 2007; JUDD *et al.*, 2015; FERREIRA & MARQUES, 2018; SANTOS, 2018). Em se tratando de uma espécie de relevante interesse para o homem, como é o caso de *P. aquatica*, o estudo anatômico gera informações de aplicabilidade industrial e comercial, como por exemplo, no uso e identificação da madeira (ADENIYI *et al.*, 2013; SINT *et al.*, 2013) e no controle de qualidade de derivados (MARQUES *et al.*, 2011; MARTINS *et al.*, 2014; MARQUES *et al.*, 2016; MEDEIROS & MARQUES, 2019).

Também, pode ter aplicabilidade na educação básica e no ensino superior, com um apelo mais lúdico em se tratando de plantas que fazem parte do dia a dia dos alunos, como plantas de jardim, de arborização urbana ou medicinais (FARIA & VILHALVA, 2016; PEREIRA *et al.* 2016; SCARELI-SANTOS *et al.*, 2016; LEITÃO *et al.*, 2022).

No levantamento bibliográfico realizado, foram encontradas algumas publicações sobre a anatomia de alguns órgãos de *P. aquatica*, embora tais estudos se tratam de análises pontuais ou descrições superficiais com enfoque comparativo (ROTH & LINDORF, 1991; LEHNEBACH *et al.*, 2020), geralmente abrangendo muitas outras espécies (DÉTIENNE *et al.*, 1983; CASTILLO & TRIGOSO, 2016; IBRAHIM *et al.*, 2018). Contudo, carece um estudo detalhado da anatomia de *P. aquatica*, analisando, ilustrando e discutindo todos os órgãos vegetativos aéreos. Também, os estudos anatômicos realizados nessa espécie são em geral em indivíduos que cresceram na Floresta Amazônica, sem nenhuma análise de indivíduos crescendo no Semiárido Baiano. Consequentemente, as informações sobre as estruturas anatômicas dessa espécie se restringem à expressão fenotípica sob condições de umidade elevada, não contemplando a realidade de indivíduos que crescem em ambientes mais secos.

Assim, o presente estudo teve como objetivos descrever a anatomia de diferentes partes da folha e do caule em estrutura primária e secundária de indivíduos de *P. aquatica* crescendo no Semiárido Baiano e discutir sua adaptação ao ambiente, bem como oferecer subsídios para estudos taxonômicos, identificação de fragmentos para fins de controle de qualidade de derivados diversos e avaliar o seu potencial para utilização no ensino de anatomia vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

O material foi coletado de três indivíduos de *Pachira aquatica* Aubl. situados no *campus* de Vitória da Conquista da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. A área onde se localizam os indivíduos apresenta clima tropical de altitude (Cwb) segundo classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), altitude de 928 m, temperatura e precipitação médias de 25°C e 850 mm, respectivamente. O solo pertence à classe Latossolo Amarelo Distrófico (SANTOS *et al.*, 2018). O material testemunha foi herborizado segundo procedimento descrito por Marinho & Leitão (2014) e encontra-se depositado no Herbário da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, sob os nº 24.112, 24.113 e 24.114. As amostras foram obtidas no período de 05 de maio de 2016 a 15 de março de 2017.

Microscopia de luz

Para análise sob o microscópio de luz foram obtidas amostras da região da nervura central, do bordo e da porção intermediária entre essas duas regiões do folíolo médio, bem como a porção média do pecíolo de folhas completamente expandidas. Também foram obtidas amostras do caule em estrutura primária e secundária. As amostras foram imediatamente levadas para o Laboratório de Botânica da UESB onde foram seccionadas a mão livre com o auxílio de uma lâmina de barbear, obtendo-se cortes transversais, longitudinais e paradérmicos (KRAUS & ARDUIN, 1997). Para contraste, obtenção de metacromasia e inferências histoquímicas, parte dos cortes foi corada com azul de Toluidina O 0,025% em tampão McIlvaine pH 4,0 por 15 min, sendo posteriormente lavados com água destilada (O'BRIEN *et al.*, 1964; RIBEIRO & LEITÃO, 2020). Para detecção de amido, parte dos cortes foi submetida ao lugol por 5 min, sendo posteriormente lavados em água destilada (JOHANSEN, 1940). As lâminas foram montadas com água destilada. Para análise e documentação fotográfica, foi utilizado um fotomicroscópio Leica DM750 equipado com recurso de polarização e sistema de captura de imagens digitais Leica ICC50 HD; e um microscópio Olympus BX41 com captura de imagens digitais mediante um smartphone Samsung Galaxy A01 diretamente na ocular (LEITÃO, 2020). Para cálculo das barras de escala das micrografias, foi realizado o procedimento segundo princípio descrito por Leitão (2016).

Microscopia eletrônica de varredura

Foram obtidas amostras da lâmina do folíolo médio e da porção média do pecíolo que foram imediatamente fixadas em solução contendo glutaraldeído 0,5%, paraformaldeído 4%, sacarose 3% e cloreto de cálcio 5 mmol/L em tampão fosfato 0,2 mol/L em pH 7,2 (KARNOVSKY, 1965) por 24 h a 6°C. Posteriormente, as amostras foram lavadas no mesmo tampão, desidratadas em série etílica e submetidas ao ponto crítico do CO₂ utilizando um Bal-Tec CPD030 (Balzers) (BOZZOLA & RUSSEL, 1991). Em seguida, as amostras foram aderidas a *stubs* de alumínio utilizando-se fita dupla-face, sendo então submetidas à pulverização catódica com ouro mediante o emprego de um *sputter coater* Bal-Tec SCD050 (Balzers). Para observação e documentação fotográfica foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura Quanta 250 a 15 Kv, equipado com sistema de captura de imagens digitais.

RESULTADOS

Lâmina foliar

As células da epiderme da face adaxial, quando vistas frontalmente nos cortes paradérmicos, são relativamente poligonais, com paredes anticliniais retas a arqueadas e pericliniais externas relativamente lisas (Figs. 1A, 2A). Já as células da epiderme da face abaxial, embora também poliédricas, possuem formato mais variável pela presença dos numerosos estômatos restritos a essa face (Figs. 1B, 2B). Em ambas as faces, a epiderme é uniestratificada; contudo, na face adaxial, as células são mais altas (Fig. 1C). Os estômatos são, em geral, anisocíticos, porém podem ser tetracíticos com as células subsidiárias irregulares ou compartilhadas com estômato(s) adjacente(s) (Fig. 1B) e ocorrem no mesmo nível das células ordinárias. Suas células subsidiárias possuem cutícula notavelmente estriada, diferindo-se das células ordinárias, cuja cutícula é praticamente lisa (Fig. 2C). No bordo foliar, a cutícula é mais espessa (Fig. 1D).

O mesofilo é heterogêneo dorsiventral, constituído por duas a três camadas de parênquima paliçádico e quatro a cinco de parênquima lacunoso, este último com grandes espaços intercelulares. O parênquima clorofiliano é interrompido pelas projeções das bainhas dos feixes vasculares (Fig. 1C). No bordo foliar ocorre hipoderme uniestratificada (Fig. 1D).

A nervura central, ou seja, de 1ª ordem, é saliente em ambas as faces (Fig. 1E, F). Em um trecho da metade distal, há um sulco na face abaxial contendo tricomas secretores pluricelulares (Fig. 1F, G). Tais tricomas são os únicos presentes na lâmina foliar. Em geral, a epiderme é uniestratificada constituída por células notavelmente menores (Fig. 1H, J) que nas demais regiões da lâmina foliar (Fig. 1C, D). Subjacente à epiderme da face adaxial, ocorre hipoderme com uma a duas camadas e internamente a esta, ocorre parênquima clorofiliano tendendo a paliçádico, que é interrompido na porção média da nervura (Fig. 1E, F). Em ambas as faces, ocorre colênquima subjacente à epiderme, e internamente a este, ocorrem fibras cujas paredes espessadas se coram de azul com azul de Toluidina (AT) (Fig. 1H, J). Essas fibras possuem lúmen amplo, e seu formato alongado foi constatado em cortes longitudinais (Fig. 1L). No parênquima subjacente ocorrem idioblastos relativamente grandes, muitos dos quais mostraram-se incolores nos cortes obtidos a mão livre (Fig. 1H, J), porém alguns mantinham conteúdo fortemente metacromático ao AT (Fig. 1I). Vale destacar a presença de material pegajoso extravasado dos cortes que assume metacromasia ao AT (Fig. 1J).

A vascularização consiste em dois feixes vasculares colaterais lobados, um voltado para a face adaxial, e outro, um pouco maior, voltado para a face abaxial (Fig. 1E, F). Externamente ao floema de ambos os feixes ocorre uma calota de fibras e, entre os feixes vasculares, há uma medula parenquimática contendo idioblastos cujo conteúdo se cora de azul marinho com AT, e tende a extravasar nos cortes histológicos a mão livre (Fig. 1K). Foram observados cristais birrefringentes do tipo drusa no parênquima fundamental da nervura, tanto na região cortical como na medular (Fig. 1H, J-M), nas adjacências do sulco que contém os tricomas (Fig. 1G), no floema e externamente às calotas de fibras associadas ao floema (Fig. 1H, J).

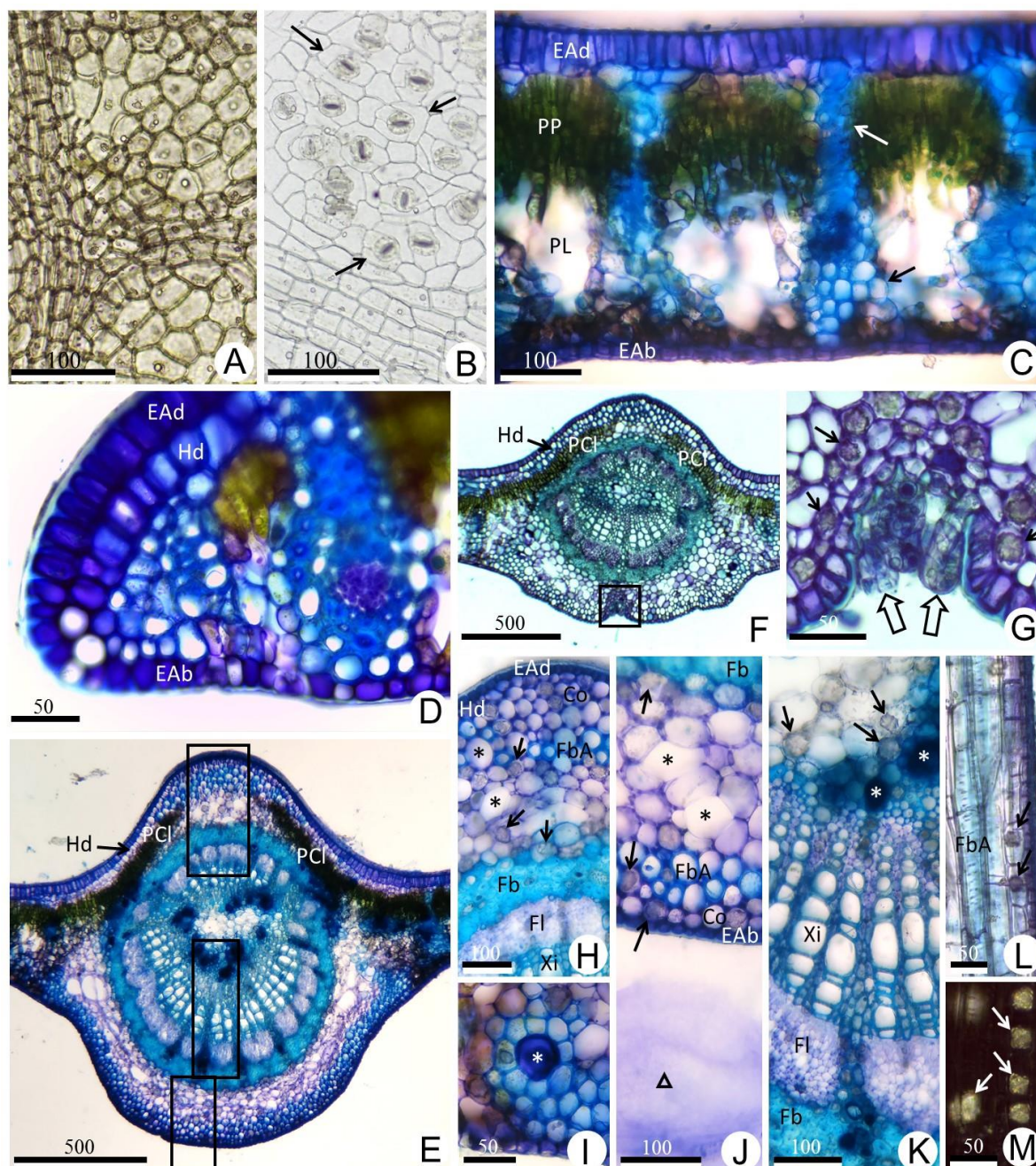


Figura 1. Cortes paradérmicos (A, B), transversais (C-K) e longitudinais (L, M) do folíolo médio de *Pachira aquatica*. Os cortes em C-M foram corados com azul de Toluidina pH 4,0. A. Face adaxial. B. Face abaxial evidenciando estômatos (setas). C. Lâmina na porção média entre nervura central e bordo, evidenciando expansões da bainha de feixe (setas). D. Bordo. E. Nervura central na região média do folíolo. F. Nervura central na metade distal do folíolo. G. Maior aumento do quadrado indicado em F, evidenciando drusas (setas) e tricomas secretores (setas largas). H. Maior aumento da área análoga à do retângulo superior indicado em E, evidenciando idioblastos sem conteúdo (asteriscos) e drusas (setas). I. Porção abaxial da nervura central, evidenciando idioblasto com conteúdo metacromático (asterisco). J. Maior aumento da área análoga à do retângulo inferior indicado em E, evidenciando idioblastos sem conteúdo (asteriscos), material metacromático extravasado (triângulo) e drusas (setas). K. Maior aumento da área análoga ao retângulo

médio em E evidenciando idioblastos com conteúdo corado de azul (asteriscos) e drusas medulares (setas). L. Porção abaxial da nervura central evidenciando drusas (setas). M. Nervura central sob luz polarizada evidenciando drusas (setas). Legendas: Co- colênquima, EAb- epiderme da face abaxial, EAd- epiderme da face adaxial, Fb- fibras, FbA- fibras de lúmen amplo, Fl- floema, Hd- hipoderme, PCI- parênquima clorofiliano (*lato sensu*), PL- parênquima lacunoso, PP- parênquima paliçádico, Xi- xilema. Barras de escala em micrômetros.

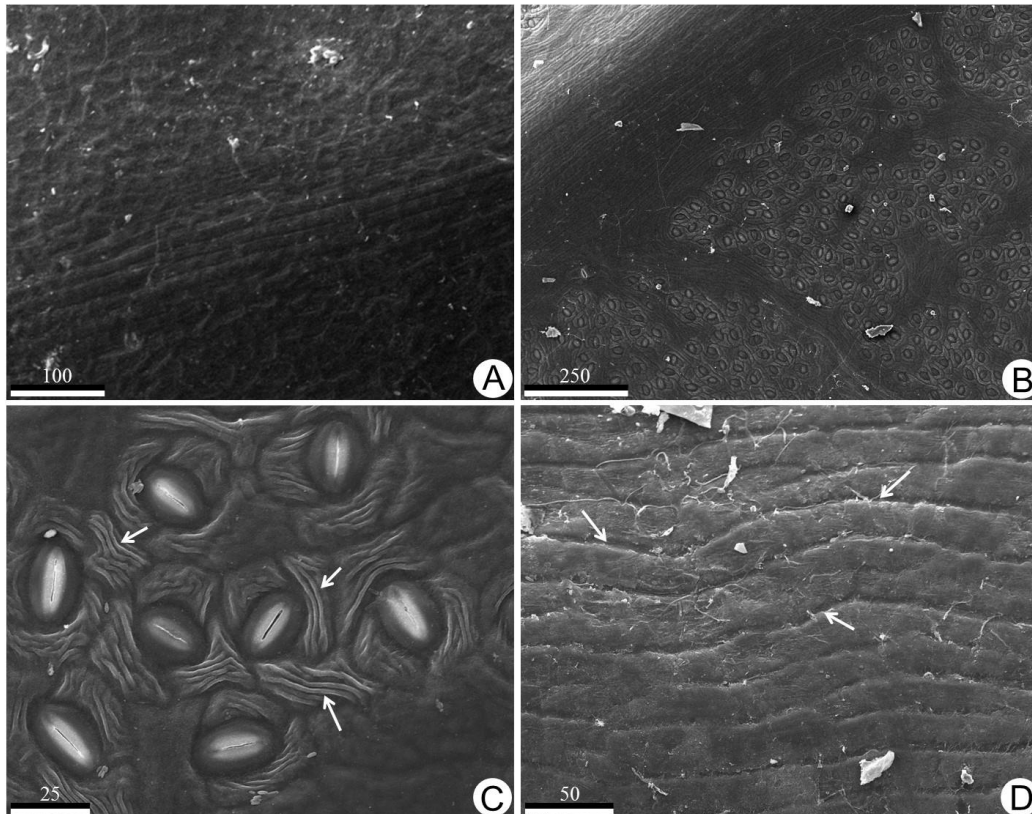


Figura 2. Micrografias de varredura da folha de *Pachira aquatica*. A. Epiderme da face adaxial do folíolo médio. B. Epiderme da face abaxial do folíolo médio. C. Pormenor da epiderme da face abaxial do folíolo médio, evidenciando estriações de cutícula (setas) nas células subsidiárias. D. Epiderme do pecíolo, evidenciando sulcos longitudinais (setas). Barras de escala em micrômetros.

A nervura de 2^a ordem é notoriamente saliente para a face adaxial e praticamente não saliente para a face abaxial (Fig. 3A, B). Semelhante à nervura de 1^a ordem, é revestida por células epidérmicas relativamente pequenas em ambas as faces. Subjacente à epiderme da face adaxial, há uma camada de células hipodérmicas e, internamente a estas, um grupo de fibras de lúmen amplo que também ocorre abaixo da epiderme da face abaxial. Neste último caso, ocorre parênquima fundamental internamente às fibras de lúmen amplo. Em meio a esse parênquima fundamental, há idioblastos que acumulam material fortemente corado com AT. O parênquima clorofiliano é interrompido, porém essa interrupção é discreta. Em posição central ocorre um feixe vascular colateral, circular em corte transversal, envolvido por fibras de lúmen restrito, algumas das quais contendo material fortemente corado com AT. Há drusas em células do parênquima fundamental e do floema (Fig. 3A, B).

As nervuras de 3^a (Fig. 3C), 4^a (Fig. 3D) e 5^a ordem (Fig. 3E) não são salientes em nenhuma das faces. Possuem extensão de bainha constituída por fibras que segmenta o mesofilo, se prolongando até um pequeno grupo de células hipodérmicas subjacente à epiderme de ambas as faces.

Esses três tipos de nervura possuem um diminuto feixe vascular colateral, deslocado para a face abaxial, progressivamente menor com o avançar da ordem da nervura (Fig. 3C-E). Porém, a nervura de 3ª ordem possui uma fileira de idioblastos com conteúdo fortemente corado com AT em localização abaxial ao feixe vascular (Fig. 3C).

Por fim, a terminação vascular é bem discreta, contendo apenas xilema como tecido vascular, envolvido por inconspícua bainha. Esta é indiretamente conectada por fina sequência de fibras para pequenos agrupamentos de células hipodérmicas subjacentes à epiderme de ambas as faces, ou apenas para a face abaxial (Fig. 3F).

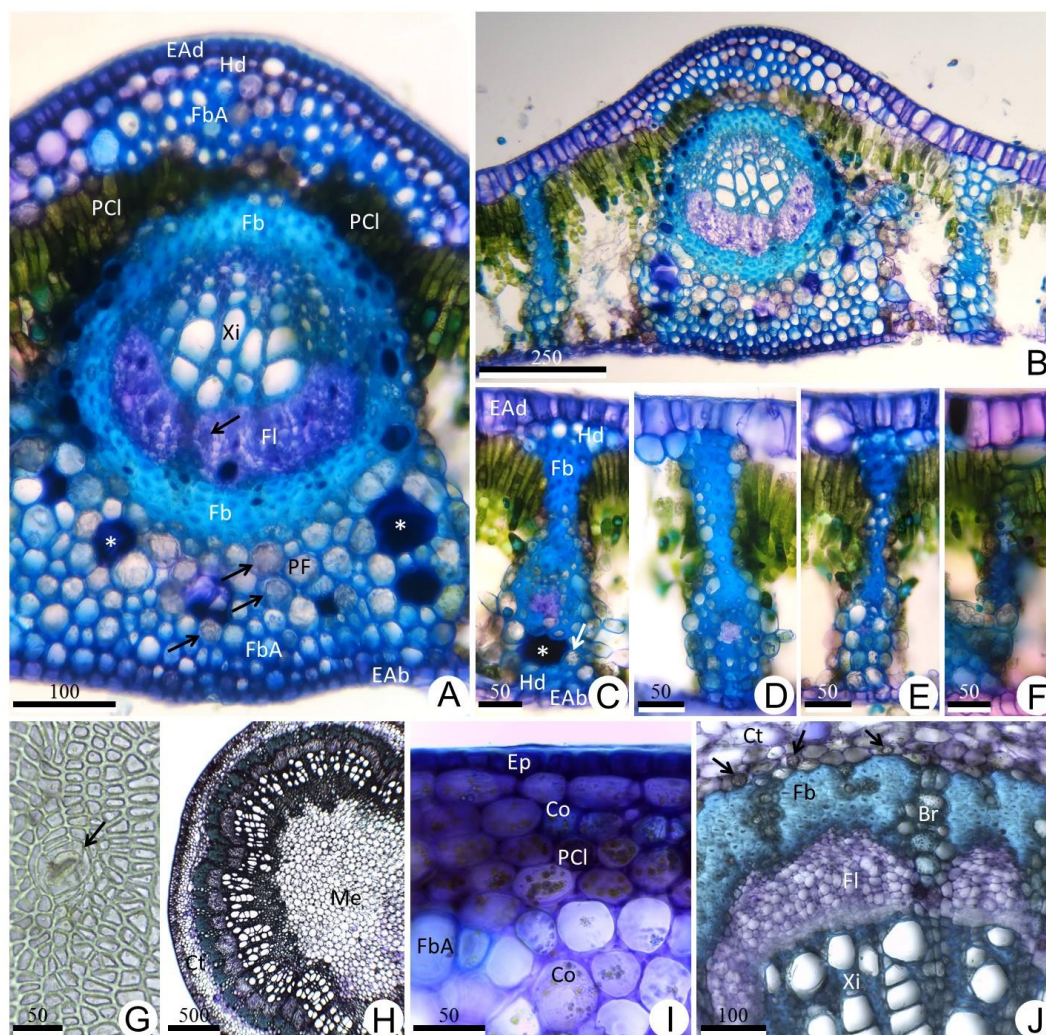


Figura 3. Cortes transversais (A-F, H-J) e paradérmico (G) do folíolo médio (A-F) e do pecíolo médio (G-J) de *Pachira aquatica*. Os cortes em A-F e H-J foram corados com azul de Toluidina pH 4,0. A. Detalhe de 2ª ordem evidenciando idioblastos com conteúdo que se cora de azul (asteriscos) e drusas (setas). B. Nervura de 2ª ordem e mesofilo adjacente. C. Nervura de 3ª ordem evidenciando idioblasto com conteúdo que se cora de azul (asterisco) e drusa (seta). D. Nervura de 4ª ordem. E. Nervura de 5ª ordem. F. Terminação vascular. G. Epiderme do pecíolo evidenciando estômato de aspecto disforme (seta). H. Panorama do pecíolo. I. Detalhe da porção cortical do pecíolo. J. Detalhe de feixe vascular e drusas nas camadas de células mais internas do córtex (setas). Legendas: Br- braquiesclereídes, Co- colênquima, Ct- córtex, EAb- epiderme da face abaxial, EAd - epiderme da face adaxial, Ep - epiderme (*lato sensu*), Fb - fibras, FbA - fibras de lúmen

amplo, Fl- floema, Hd- hipoderrme, Me- medula, PCI- parênquima clorofiliano, PF- parênquima fundamental, Xi- xilema. Barras de escala em micrômetros.

Pecíolo

É revestido por células epidérmicas triangulares, retangulares ou, mais raramente, pentagonais em corte paradérmico (Fig. 3G). Essas células são bem menores que as células da epiderme que reveste o mesofilo da lâmina foliar (Fig. 1A, B). Quando observadas ao microscópio eletrônico de varredura, a cutícula é lisa, porém possui discretos sulcos entre fileiras de células no sentido longitudinal do órgão (Fig. 2D). Ocorrem estômatos espaçados de aspecto disforme (Fig. 3G). Em corte transversal, o pecíolo tem contorno circular (Fig. 3H). Observa-se que a cutícula é relativamente espessa, as células epidérmicas são achatadas, subtendidas por uma ou duas camadas de colênquima angular, duas a três camadas de parênquima clorofiliano e cerca de seis camadas de colênquima angular interno transitando para parênquima fundamental. Nessa porção cortical ocorrem discretos grupos de fibras de lúmen amplo (Fig. 3I), semelhantes às observadas nas nervuras de 1^a (Fig. 1H, J) e 2^a ordem (Fig. 3A).

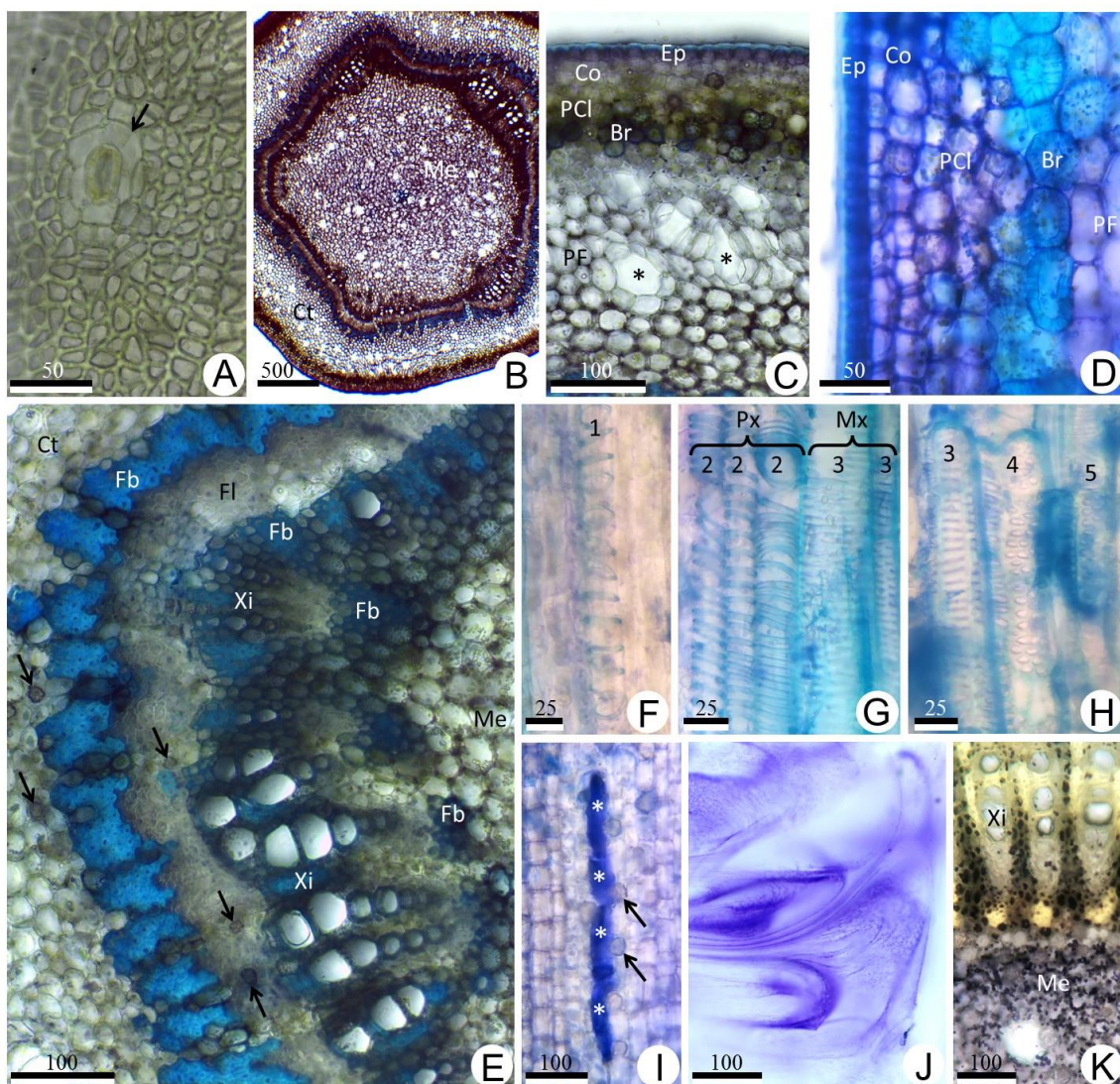


Figura 4. Cortes paradérmico (A), transversais (B, C, E, K), longitudinais (D, F-I) e extravasamento (J) do caule em estrutura primária (*lato sensu*) de *Pachira aquatica*. Os cortes em B - I e o material em J foram

corados com azul de Toluidina pH 4,0 e o corte em K foi corado com lugol. A. Epiderme evidenciando um estômato (seta). B. Visão geral. C. Porção cortical evidenciando idioblastos sem conteúdo (asteriscos). D. Detalhe da porção cortical. E. Detalhe da região dos feixes vasculares, evidenciando drusas (setas). F. Protoxilema. G. Protoxilema e metaxilema. H. Metaxilema. I- Medula evidenciando uma fileira de idioblastos com conteúdo que se cora de azul (asteriscos) e drusas (setas). J- Material extravasado metacromático ao azul de Toluidina pH4,0. K- Porção xilemática dos feixes vasculares e medula evidenciando grãos de amido (pontos pretos). Legendas: 1- espessamento anelado, 2- espessamento espiralado, 3- espessamento escalariforme, 4- espessamento reticulado, 5- espessamento pontoado, Br- braquiesclereídes, Co- colênquima, Ct- córtex, Ep- epiderme, Fb- fibras, Fl- floema, Me- medula, Mx- metaxilema, PCl- parênquima clorofiliano, PF- parênquima fundamental, Px- protoxilema, Xi- xilema. Barras de escala em micrômetros.

A vascularização consiste em um anel discretamente tetralobado de feixes vasculares colaterais (Fig. 3H) separados por discreto parênquima e externados por fibras. Essas fibras formam um anel descontínuo, interrompido por grupos de braquiesclereídes (Fig. 3J). Internamente aos feixes vasculares ocorre ampla medula parenquimática (Fig. 3H). Idioblastos com conteúdo extravasado ou intensamente corado com AT ocorrem na porção mais interna do córtex, bem como dispersos pela medula. Foram observadas drusas nas células das camadas mais internas do córtex (Fig. 3J), no floema e em células dispersas na medula.

Caule

É praticamente inviável encontrar o caule em estrutura primária concluída sem nenhum vestígio de início de crescimento secundário. Por isso, será utilizado o termo “estrutura primária” de forma ampla. Em estrutura primária, o caule possui epiderme de aspecto semelhante à do pecíolo, ocorrendo estômatos espaçados (Fig. 4A). O caule, em corte transversal, possui contorno circular tendendo a pentagonal (Fig. 4B). A epiderme é uniestratificada, com cutícula relativamente espessa (Fig. 4C, D). É subtendida por cerca de duas camadas de colênquima com discretos espessamentos de parede e, internamente, por cerca de cinco camadas de parênquima clorofiliano contendo grupos de braquiesclereídes (Fig. 4C, D). Subjacente, ocorrem cerca de 15 camadas de células volumosas de parênquima fundamental, em meio das quais ocorrem idioblastos relativamente grandes cujo conteúdo foi perdido (Fig. 4C) ou permanece mantido e fortemente corado com AT.

A vascularização é eustélica, constituída por um anel pentagonal de feixes vasculares, cinco dos quais maiores e localizados nos ângulos do pentágono. Entre os feixes maiores, ocorrem feixes menores (Fig. 4B). Os feixes vasculares são próximos entre si. São externados por fibras que formam um anel quase contínuo. Internamente às fibras, encontra-se o floema e, por fim, o xilema, que nos feixes menores possuem poucos elementos de vaso, prevalecendo assim as fibras xilemáticas (Fig. 4E). Os elementos de vaso do protoxilema podem ter espessamentos anelados (Fig. 4F) ou espiralados (Fig. 4G). Já no metaxilema foram vistos padrões de espessamentos escalariforme (Fig. 4G, H), reticulado e pontoado (Fig. 4H).

A medula é parenquimática, ocorrendo idioblastos de conteúdo perdido ou fortemente corado com AT. Em corte longitudinal, tais idioblastos possuem um padrão enfileirado (Fig. 4I). Esse padrão também foi visto em todos os órgãos aqui analisados. Também, assim como observado nos demais órgãos, o material extravasado possui aspecto viscoso e assume forte metacromasia ao AT (Fig. 4J). Foram observadas drusas no córtex, floema (Fig. 4E) e medula (Fig. 4I). Diferente dos demais órgãos analisados, foram detectados no caule vários grãos de amido nas células parenquimáticas do xilema, bem como no parênquima medular (Fig. 4K).

Quando em estrutura secundária, a epiderme é substituída por periderme. As lenticelas são discretas. No córtex remanescente destacam-se grupos de braquiesclerídes espaçados por células parenquimáticas (Fig. 5A).

O floema secundário se organiza em longas figuras triangulares separadas por amplos raios progressivamente mais abertos nas porções mais antigas, quando observado em corte transversal (Fig. 5B). O sistema axial do floema se caracteriza por camadas de fibras intercaladas por camadas de elementos de tubo crivado e células companheiras, conferindo um aspecto estratificado (Fig. 5C).

O lenho possui elementos de vaso isolados ou organizados em fileiras radiais (Fig. 5D). A placa de perfuração é do tipo simples (Fig. 5E). O parênquima axial é do tipo apotraqueal em arranjo difuso a difuso em agregados (Fig. 5F). Os raios são multisseriados e de aspecto fusiforme, quando observados em corte longitudinal tangencial. Também ocorrem raios unisseriados (Fig. 5G). Em corte longitudinal radial observa-se que os raios são heterocelulares, constituídos por células procumbentes, quadradas e eretas (Fig. 5H). Tanto as células do parênquima axial quanto do parênquima radial acumulam grãos de amido (Fig. 5I).

DISCUSSÃO

Os órgãos vegetativos aéreos de *Pachira aquatica* possuem clara identidade Malvaceae. Os estômatos usualmente restritos à face adaxial, com células-guarda cercadas por células epidérmicas não especializadas são típicos para a família (BAYER & KUBITZKI, 2003). No entanto, em representantes Bombacoideae também se relata a presença de estômatos na face adaxial, próximos às nervuras (PERROTTA *et al.*, 2007; SANCHEZ *et al.*, 2010; GURASHI & KORDOFANI, 2017). Esse padrão não é exclusivo para esse grupo taxonômico, sendo também observado na leguminosa *Bauhinia monandra* Kurz (ANTUNES *et al.*, 2021). Portanto, ao menos em alguns táxons, é razoável inferir que, quando escassos, os estômatos na face adaxial podem preferencialmente ocorrer nas adjacências de nervuras.

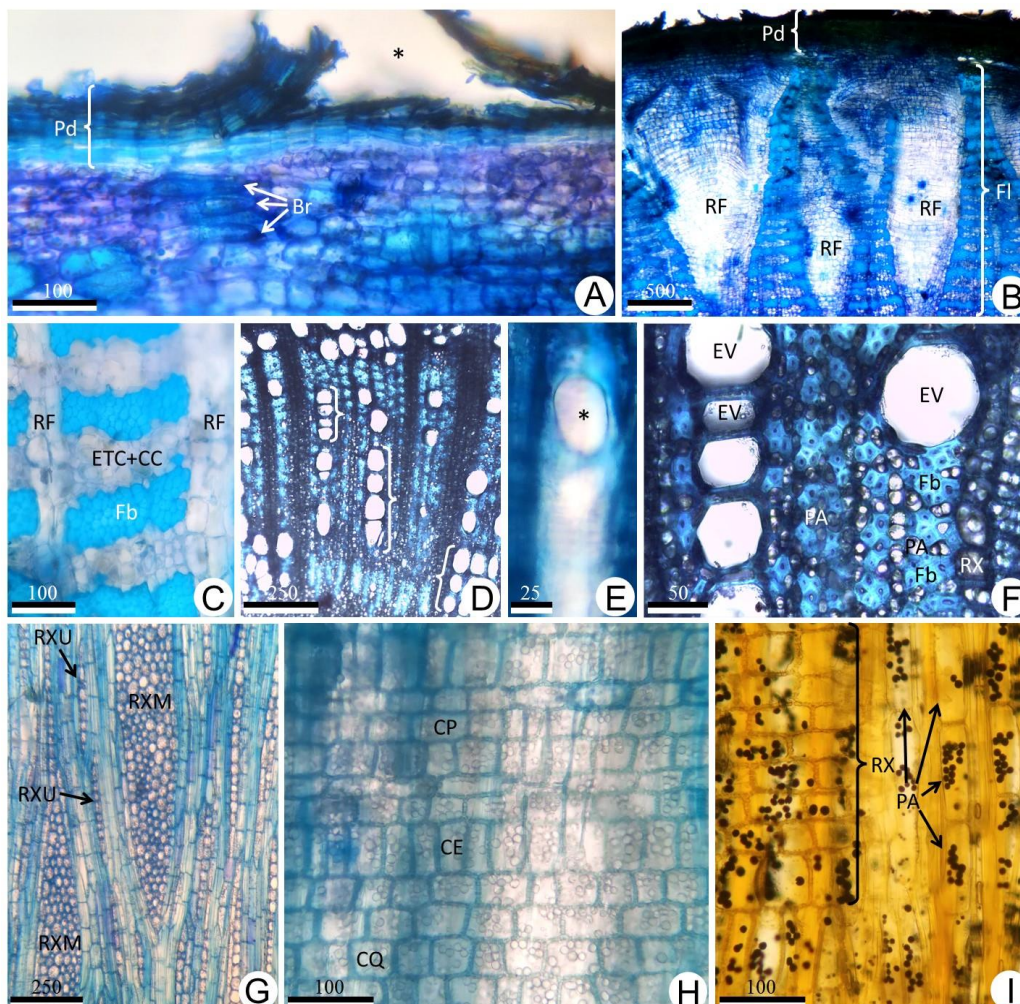


Figura 5. Cortes transversais (A-D, F), longitudinais radiais (E, H, I) e longitudinal tangencial (G) do caule em estrutura secundária de *Pachira aquatica*. Os cortes em A-H foram corados com azul de Toluidina pH 4,0 e o corte em I foi corado com lugol. A. Detalhe da periferia da casca viva, com lenticela em evidência (asterisco). B. Panorama da casca viva com floema secundário em destaque. C. Detalhe do floema secundário. D. Panorama do lenho evidenciando elementos de vaso em fileiras radiais (chaves). E. Detalhe de elemento de vaso com placa de perfuração simples em destaque (asterisco). F- Detalhe das células do xilema secundário. G- Raios xilemáticos unisseriados e multisseriados. H- Detalhe dos tipos celulares dos raios xilemáticos. I- Grãos de amido (pontos pretos) em células do parênquima radial e do parênquima axial do xilema secundário. Legendas: Br- braquiesclereídes, CE- célula ereta, CP- célula procumbente, CQ- célula quadrada, ETC+CC- elementos de tubo crivado e células companheiras, EV- elemento de vaso, Fb- fibras, Fl- floema, PA- parênquima axial, Pd- periderme, RF- raio floemático, RX- raio xilemático (*lato sensu*), RXM- raio xilemático multisseriado, RXU- raio xilemático unisseriado. Barras de escala em micrômetros.

Além dos estômatos anomocíticos (BAYER & KUBITZKI, 2003), também se relata em Malvaceae, em especial para espécies Bombacoideae, estômatos paracíticos (PAULA, 1976), ciclocíticos (HOSSAIN *et al.*, 2013) e anisocíticos (OGUNDIPE & AJAYI, 2002; KURUVILLA & ANILKUMAR, 2018), estes últimos à semelhança do tipo de estômato prevalente aqui relatado na folha de *P. aquatica*. Por conseguinte, entendemos que a classificação de estômatos pode ser controversa, com o emprego do termo anomocítico em espécies que possuem diferentes tipos de estômatos.

Semelhante ao observado em *P. aquatica*, também foi relatada estriações na cutícula em torno dos estômatos na lâmina foliar de *Ceiba chodatii* (Hassl.) Ravenna, *C. speciosa* (A. St-Hil.) Ravenna (PERROTTA *et al.*, 2007) e *Bombax ceiba* L., embora nessa última espécie também foram observadas estriações sobre as nervuras (KIDWAI, 1974).

O formato poligonal com paredes anticlinais retas a arqueadas das células epidérmicas da face adaxial também foi reportado para diversos representantes de Bombacoideae, como *Ceiba chodatii* e *C. speciosa* (PERROTTA *et al.*, 2007). Porém, foram relatadas paredes anticlinais retas para *Bombax buonopozense* P. Beauv. e *Adansonia digitata* L., e retas a arqueadas a onduladas para *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (OGUNDIPE & AJAYI, 2002).

A descrição geral da anatomia da lâmina foliar de *P. aquatica* no presente trabalho corrobora com as observações anteriores realizadas em indivíduos da mesma espécie que cresceram na Amazônia venezuelana. Nesses espécimes, também foram verificadas a presença de epiderme uniestratificada espessa com paredes anticlinais retas, estômatos no mesmo nível das demais células epidérmicas e mesofilo dorsiventral com parênquima lacunoso ocupando maior parte do mesmo dando a impressão de um aerênquima formando uma rede celular muito frouxa em torno de grandes espaços intercelulares. Porém, nesses indivíduos amazônicos foi relatada hipoderme subjacente à epiderme da face adaxial contínua de uma a duas camadas, chegando até quatro camadas nas proximidades das nervuras (ROTH & LINDORF, 1991), diferindo da hipoderme restrita ao bordo e às nervuras observadas no presente trabalho. Curiosamente, os indivíduos aqui estudados crescem em ambiente mais seco que os relatados por Roth & Lindorf (1991), que cresceram em área inundada, uma vez que a presença de hipoderme é uma característica xeromórfica (FAHN & CUTLER, 1992). Não obstante, características xeromórficas foram observadas em folhas de diversas espécies de árvores amazônicas pertencentes a diferentes famílias (WALDHOFF, 2003).

As folhas podem ser classificadas como heterobáricas ou homobáricas de acordo com a segmentação ou não da continuidade intercelular do mesofilo ocasionado pelas nervuras (NEGER, 1918). No caso da folha de *P. aquatica*, ela é heterobárica devido às extensões da bainha do feixe das nervuras até a epiderme de ambas as faces. Fisiologicamente, essa segmentação limita a circulação lateral de gases nos espaços intercelulares (TERASHIMA, 1992), incrementando a resistência à dessecação (KAWAI *et al.*, 2017).

A ocorrência de folhas heterobáricas é correlacionada a ambientes com restrição de água bem como a grupos taxonômicos (MENDES *et al.*, 2016), dentre os quais a família Malvaceae (MENDES *et al.*, 2016; DARDENGO *et al.*, 2017). Além disso, as extensões de nervura podem conferir resistência mecânica à folha (FERREIRA *et al.*, 2015), embora essa função seja contestável (KAWAI *et al.*, 2017). Considerando os amplos espaços intercelulares do volumoso parênquima lacunoso de *P. aquatica*, pode-se inferir que a sua adaptação ao clima semiárido de Vitória da Conquista seja beneficiada pela condição heterobárica de suas folhas. É razoável também supor que a rigidez de suas lâminas foliares possa, em parte, ser conferida pelas extensões das bainhas dos feixes.

A nervura central salientando-se para ambas as faces também foi relatada para os folíolos de representantes dos gêneros de Bombacoideae, como *Bombax* L. (HOSSAIN *et al.*, 2013), *Cavanillesia* Ruiz & Pav., *Ceiba* Mill., *Chorisia* Kunth, *Eriotheca* e *Huberodendron* Ducke. Em *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb) Urb. a face adaxial da nervura central é praticamente plana. Já em *Quararibea asterolepis* Pittier e *Q. bicolor* (Ducke) Cuatrec é côncava, porém em *Q. cordata* (Bonpl.) Vischer é convexa (CASTILLO & TRIGOSO, 2016). Em *Ceiba chodatii* e *C. speciosa* ocorre vascularização similar, com dois arcos de feixes vasculares, um adaxial e outro abaxial, com o floema voltado para a periferia. Porém, nessas duas espécies não foram descritas as fibras de lúmen amplo subjacentes ao colênquima. Também, foram relatadas células taniníferas abundantes externamente aos feixes vasculares, parênquima medular lignificado e o anel de fibras externo ao floema era descontínuo (PERROTTA *et al.*, 2007), diferindo assim do observado em *P. aquatica*.

A presença de tricomas secretores em uma fenda na face abaxial da nervura central do folíolo médio de *P. aquatica* é uma característica interessante. Nectários extraflorais são frequentemente relatados no pecíolo e na base da lâmina foliar em muitas Bombacoideae (BAYER & KUBITZKI, 2003), como por exemplo na face inferior da nervura central em certas espécies do aparentado gênero *Adansonia* L. (METCALFE & CHALK, 1950). Em *Triumfetta semitriloba* Jacq., também pertencente à família Malvaceae, ocorrem nectários florais e extraflorais com tricomas clavados (LEITÃO *et al.*, 2002; 2005) muito semelhantes aos observados na fenda do folíolo médio de *P. aquatica*. Essa estrutura secretora também foi observada por Ibrahim *et al.* (2018) e foi relatada como nectário extrafloral, embora sem a realização da análise do secretado. No presente trabalho também não foi avaliada a natureza da secreção produzida por esses tricomas, porém é possível ao menos deduzir a possibilidade de serem homólogos aos nectários supracitados.

O pecíolo de *P. aquatica* se caracteriza pelo contorno arredondado e vascularização constituída por um anel tetralobado de feixes vasculares colaterais. Esse padrão vascular também foi observado em *Ceiba chodatii*, *C. pentandra* e *C. speciosa*, porém o aspecto tetralobado do anel de feixes vasculares nessas espécies é bem marcante, com células taniníferas no córtex (PERROTTA *et al.*, 2007; SAID *et al.*, 2013) e parênquima medular levemente lignificado, podendo ocorrer um feixe vascular medular nessa última espécie (PERROTTA *et al.*, 2007), diferindo quanto a este aspecto de *P. aquatica*. O padrão vascular tetralobado também foi relatado em *C. samauma* (Mart.) K. Schum, *Chorisia insignis* (Kunth), porém em *Cavanillesia hylogeiton* Ulbr. (CASTILLO & TRIGOSO, 2016), *Bombax ceiba* (SAID *et al.*, 2013), *Eriotheca globosa* (Aubl.) A. Robyns, *Huberodendron swietenoides* (Gleason) Ducke, *Ochroma pyramidale*, *Quararibea asterolepis*, *Q. bicolor* e *Q. cordata* (CASTILLO & TRIGOSO, 2016) foram observados arranjos vasculares diferentes. Inclusive estes últimos autores relataram um anel pentalobado de feixes vasculares na porção média do pecíolo de *Ceiba pentandra*, diferindo assim do relato de Said *et al.* (2013).

Em observações anteriores realizadas em indivíduos de *P. aquatica*, foi relatada a condição fistulada na medula do pecíolo dessa espécie (CASTILLO & TRIGOSO, 2016), destoando do parênquima medular maciço observado no presente trabalho. Talvez essa diferença seja resultado de uma plasticidade fenotípica manifestada pela espécie considerando as condições climáticas distintas entre a Amazônia, que se caracteriza por chuvas abundantes com um curto período de baixa pluviosidade mensal abaixo de 30 mm entre julho e agosto (RAISG, 2020), e o Semiárido em Vitória da Conquista, com pluviosidade mensal abaixo de 30 mm entre maio e setembro (ROCHA & FERRAZ, 2015).

O caule de *P. aquatica*, quando em estrutura primária, é fotossintetizante pois apresenta parênquima clorofiliano abaixo da epiderme. Na porção periférica cortical ocorrem braquiesclereídes. Tais tipos celulares são ausentes na estrutura primária caulinar de *Adansonia digitata*, vindo a ocorrer apenas após o início do crescimento secundário, com a esclerificação de células parenquimáticas do pseudocórtex (KOTINA *et al.*, 2017). A ocorrência dos braquiesclereídes corticais em pequenos grupos espaçados ilustram a distensão ocorrida nessa região pelo aumento de circunferência e provável produção de células parenquimáticas entre esses grupos, bem como alongamento das células parenquimáticas no sentido paralelo ao perímetro do órgão.

Quando o caule de *P. aquatica* encontra-se em estrutura secundária, a epiderme é substituída por um súber relativamente estreito. Algumas espécies adaptadas ao fogo, como *Adansonia digitata*, podem possuir o súber espesso (KOTINA *et al.*, 2017), porém aparentemente *P. aquatica* não compartilha desse tipo de adaptação.

O floema secundário com camadas de fibras intercaladas com camadas de células de paredes finas (elementos de tubo crivado e células companheiras) formando estratificação regular, dividido por raios cônicos que se abrem profusamente em sentido centrífugo, a presença de grupos de braquiesclereídes nas porções externas da casca viva e ritidoma pouco desenvolvido são características comumente relatadas para Bombacoideae (ROTH, 1972; SAID *et al.*, 2013), e observadas em *P. aquatica* no presente trabalho. A organização do sistema axial do floema secundário em grupos triangulares (em corte transversal) intercalados pelos raios progressivamente mais abertos é uma consequência direta do processo de crescimento do floema. A organização das células do parênquima do floema resulta na sua vida longa, permitindo divisões e aumento de tamanho dessas células para assim compensar o aumento do perímetro na região (CLAIR *et al.*, 2019).

O padrão de distribuição de vasos no lenho de *P. aquatica* formando grupos pode implementar a garantia na condutividade hídrica durante períodos de seca. Esse tipo de disposição de vasos é correlacionado com Floresta Estacional Semi-decidual (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000), tal qual se verifica em Vitória da Conquista, cujo regime hídrico possui um período de baixa precipitação entre maio e setembro (ROCHA & FERRAZ, 2015). Porém, é importante salientar que as características observadas na distribuição dos vasos no lenho de *P. aquatica* podem não ser necessariamente inerentes à espécie, e sim decorrentes de uma plasticidade fenotípica sob estímulo climático. Por exemplo, foi relatado em *P. quinata* (Jacq.) W. S. Alverson redução significativa no diâmetro a aumento significativo na frequência de vasos ao se comparar lenhos provenientes de indivíduos que cresciam em ambientes úmidos com os que cresciam em ambientes secos (LEÓN *et al.*, 2019).

O parênquima axial em arranjo difuso e/ou difuso em agregados também é relatado em várias espécies de Bombacoideae (BARROS *et al.*, 2006; ROJAS & LEÓN, 2019), não obstante, em *Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns e *E. pentaphylla* (Vell.) A. Robyns o parênquima axial é em faixas (BARROS *et al.*, 2006; DUTRA *et al.*, 2023). No presente trabalho não foram encontrados cristais prismáticos no parênquima axial nem no parênquima radial. No entanto, tais cristais foram descritos em *P. quinata* e em *P. insignis* Sw., mas não em *P. minor* (Sims) Hemsl.

Também, nessas espécies não foram observados grãos de amido no parênquima do lenho (ROJAS & LEÓN, 2019), como observado em *P. aquatica* no presente trabalho. Grãos de amido foram relatados no lenho em *Bombax ceiba* e *B. insigne* Wall. (SINT *et al.*, 2013), em *E. gracilipes* (LONGUI *et al.* 2012) e em seis espécies de *Adansonia* L., sendo observada variação sazonal na quantidade desse carboidrato neste último gênero (CHAPOTIN *et al.*, 2006).

Os raios xilemáticos heterocelulares uni e multisseriados aqui observados se assemelham aos relatos para a família, como na Bombacoideae *Eriotheca globosa* (SILVA *et al.*, 2022), *E. pentaphylla* (DUTRA *et al.*, 2023), *Bombax anceps* Pierre, *B. valetonii* Hochr., *Ceiba petandra* (NORDAHLIA *et al.*, 2016), *B. insigne* (SINT *et al.*, 2013) e na Sterculioideae *Sterculia excelsa* Mart. (SILVA *et al.*, 2022). Nas espécies de *Bombax* supracitadas os raios também são em dois tamanhos distintos, variando de uni a multisseriado, entretanto mais estreitos que os aqui relatados para *P. aquatica*, em especial os de *B. anceps* (NORDAHLIA *et al.*, 2016). Talvez, os raios relativamente grandes de *P. aquatica* confirmam certa limitação no emprego da madeira dessa espécie na carpintaria, pois essa característica costuma ser relacionada à formação de trincas quando a madeira é pregada e aparafusada (ADENIYI *et al.*, 2013).

Os cristais observados nas nervuras da lâmina foliar, no pecíolo e no caule de *P. aquatica*, por serem birrefringentes, provavelmente são constituídos por oxalato de cálcio (PENNISI *et al.*, 2001). Tais cristais em organismos fotossintetizantes são relacionados ao metabolismo vegetal (FRANCESCHI & NAKATA, 2005), sendo também uma forma de armazenamento de cálcio (ILARSLAN *et al.*, 1997) quando em excesso (BORCHERT, 1985; 1986; FRANCHESCHI, 1989; FINK, 1991). Embora interpretado como um dissuasivo alimentar prevenindo a herbivoria (MOLANO-FLORES, 2001), essa função ecológica é contestável e restrita a casos particulares de irritação bucal de vertebrados ou desgastes de aparelhos bucais de insetos. Em geral, esses cristais são inertes nas decisões alimentares de herbívoros e qualquer referência nessa matéria necessita a devida evidência experimental (PAIVA, 2021).

Estruturas secretoras de material metacromático ao azul de Toluidina pH4,0 foram encontradas nas nervuras de 1ª a 3ª ordem, bem como no córtex e na medula do córtex do pecíolo e do caule de *P. aquatica*. Tal material muitas vezes extravasava, fazendo com que o corte anatômico ficasse com algumas ou todas as estruturas secretoras em questão sem conteúdo. Paralelamente, a água do meio de montagem das lâminas tornava-se viscosa, onde o secretado diluído assumia forte metacromasia ao azul de Toluidina em pH4,0. Essa coloração é típica de mucilagem em cortes frescos corados com esse corante (RIBEIRO & LEITÃO, 2020). É característico para os representantes Malvaceae a ocorrência de células, cavidades e ductos mucilaginosos em diversos órgãos do corpo da planta (BAYER & KUBITZKI, 2003), o que pode ser considerado uma sinapomorfia (GREGORY & BAAS, 1989) para o grupo. No caso de *P. aquatica*, foi observado em cortes longitudinais no presente trabalho que essas estruturas secretoras ocorrem na forma de fileiras de células, podendo assim ser interpretadas como ductos septados.

Os órgãos de *P. aquatica* aqui estudados foram de fácil seccionamento a mão livre em todos os tipos de cortes utilizados: transversais, longitudinais e paradérmicos. Suas células são relativamente grandes, o que facilita muito a visualização dos tecidos. Também, estruturas vegetais com células volumosas resultam em menos camadas de células ao longo da espessura do corte, o que garante imagens mais limpas. Das estruturas aqui observadas, destacam-se como muito didáticas: na folha, os estômatos e o mesofilo; no caule em estrutura primária, os braquiesclereídes, as estruturas secretoras de mucilagem e os diferentes padrões de espessamento de parede dos elementos de vaso; e no caule em estrutura secundária, o floema e o lenho, com especial destaque para os raios. O emprego do azul de Toluidina em pH 4,0 (RIBEIRO & LEITÃO, 2020), pela sua praticidade e pelos ótimos resultados estéticos e informativos, potencializam ainda mais os cortes anatômicos supracitados como recurso didático.

Conclui-se que *P. aquatica* é uma árvore versátil quanto à adaptabilidade a diferentes ambientes. Embora no geral possua características mesomórficas, como mesofilo dorsiventral, os amplos espaços intercelulares no parênquima lacunoso apontam para um higromorfismo e a condição heterobárica para o xeromorfismo. Embora com várias características típicas para a família Malvaceae, há aquelas de potencial distintivo, como o arranjo celular no mesofilo, as fibras de lúmen amplo na nervura principal bem como o aparente nectário em fenda na mesma, a disposição vascular do pecíolo e o aspecto dos ductos secretores. Por fim, o fácil seccionamento e a diversidade de tecidos e tipos celulares interessantes fazem de *P. aquatica* um material bem didático para aulas práticas de conteúdo em anatomia vegetal.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Dr. Claudenir Simões Caires, do Departamento de Ciências Naturais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela identificação da espécie; à Prof^a Dr^a Delmira da Costa Silva, do Departamento de Ciências Biológicas, e ao MSc Lucas Ribeiro, do Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, pelo suporte nos procedimentos em microscopia eletrônica de varredura. Este trabalho foi realizado com equipamentos adquiridos pela FAPESB em um projeto anterior.

REFERÊNCIAS

- ADENIYI, IM; ADEBAGBO, CA; OLADAPO, FM; AYETAN, G. Utilization of some selected wood species in relation to their anatomical features. **Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Veterinary** **13**, 20-27, 2013.
- ALFENAS, AC; MAFIA, RG. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2007, 382p.
- ALVARES, CA; STAPE, JL; SENTELHAS, PC; GONÇALVES, JLM; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** **22**(6), 711-728, 2013.
- ALVERSON, WS; WHITLOCK, BA; NYFFELER, R; BAYER, C; BAUM, DA. Phylogeny of the core Malvales: Evidence from *ndhF* sequence data. **American Journal of Botany** **86**(10), 1474-1486, 1999.
- ALVES, ES; ANGYALOSSY-ALFONSO, VA. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal** **21**(1), 3-30, 2000.
- ANTUNES, MN; PEREIRA, FR; LEITÃO, CAE. Structural characterisation of the leaf *Bauhinia monandra* Kurz (Fabaceae – Cercidoideae). **Brazilian Archives of Biology and Technology** **64**, e21200618, 2021.
- BARROS, CF; MARCON-FERREIRA, ML; CALLADO, CH; LIMA, HRP; CUNHA, M; MARQUETE, O; COSTA, CG. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia** **57**(3), 443-460, 2006.
- BAYER, C; KUBITZKI, K. Mavaceae. In: KUBITZKI, K; BAYER, C. (Eds). **The families and genera of vascular plants Vol. 5: Flowering plants. Dicotyledons**. Pp 225-311. Berlin: Springer-Verlag, 2003, 418p.
- BORCHERT, R. Calcium acetate induces calcium uptake and formation of calcium-oxalate crystals in isolated leaflets of *Gleditsia triacanthos* L. **Planta** **168**, 571-578, 1986.
- BORCHERT, R. Calcium-induced patterns of calcium-oxalate crystals in isolated leaflets of *Gleditsia triacanthos* L. and *Albizia julibrissin* Durazz. **Planta** **165**, 301-310, 1985.
- BOZZOLA, JJ; RUSSELL, LD. **Electron microscopy: principles and techniques for biologists**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1991, 542p.
- CARVALHO-SOBRINHO, JG; ALVERSON, WS; ALCANTARA, S; QUEIROZ, LP; MOTA, AC; BAUM, DA. Revisiting the phylogeny of Bombacoideae (Malvaceae): Novel relationships, morphologically cohesive clades, and a new tribal classification based on multilocus phylogenetic analyses. **Molecular Phylogenetics and Evolution** **101**, 56-74, 2016.
- CARVALHO-SOBRINHO, JG; ALVERSON, WS; MOTA, AC; MACHADO, MC; BAUM, DA. A new deciduous species of *Pachira* (Malvaceae: Bombacoideae) from a seasonally dry tropical forest in Northeastern Brazil. **Systematic Botany** **39**(1), 260-267, 2014.
- CASTILLO, AGZ; TRIGOSO, JAR. Modelos vasculares del pecíolo de bombacáceas del Dantas como posibilidad auxiliar de identificación. **Revista Florestal del Perú** **14**(1), 1-23, 2016.

- CHAPOTIN, SM; RAZANAMEHARIZAKA, JH; HOLBROOK, NM. A biomechanical perspective on the role of large stem volume and high water content in baobab trees (*Adansonia* spp.; Bombacaceae). **American Journal of Botany** **93**(9), 1251-1264, 2006.
- CLAIR, B; GHISLAIN, B; PRUNIER, J; LEHNEBACH, R; BEAUCHÊNE, J; ALMÉRAS, T. Mechanical contribution of secondary phloem to postural control in trees; the bark side of the force. **New Phytologist** **221**, 209-217, 2019.
- DARDENGO, JFE; ROSSI, AAB; SILVA, IV; PESSOA, MJG; SILVA, CJ. Análise da influência luminosa nos aspectos anatômicos de folhas de *Theobroma speciosum* Willd ex Spreng. (Malvaceae). **Ciência Florestal** **27**(3), 843-851, 2017.
- DÉTIENNE, P; LOUREIRO, AA; JACQUET, P. Estudo anatômico do lenho da família Bombacaceae da América. **Acta Amazonica** **13**(5-6), 831-867, 1983.
- DUARTE, MC. *Pachira* Aubl. In: **Lista de espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23584>>. Acesso em 27/05/2023.
- DUTRA, R; NOGUEIRA, A; ROSSI, S; DÓRIA, LC; BUTTÒ, V; MARCATI, CR. The role of organ leaf habit on the secondary xylem anatomy variation across 15 species from Brazilian Cerrado. **Forests** **14**, 269, 2023.
- EL-DIN, MIG; YOUSSEF, FS; ASHOR, ML; ELDAHSHAN, OA; SINGAB, ANB. Comparative analysis of volatile constituents or *Pachira aquatica* Aubl. and *Pachira glabra* Pasq., their anti-mycobacterial and anti-*Helicobacter pylori* activities and their metabolic discrimination using chemometrics. **Journal of Essential Oil Bearing Plants** **21**, 1550-1567, 2018.
- FAHN, A; CUTLER, DF. **Xerophytes**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1992, 178 p.
- FARIA, MT; VILHALVA, DAA. Importância das aulas práticas na disciplina de anatomia vegetal: descrição da anatomia foliar e histoquímica de *Plectranthus barbatus* Andrews (Lamiaceae). **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia** **10**, 214-223, 2016.
- FERREIRA, CS; CARMO, WS; GRACIANO-RIBEIRO, D; OLIVEIRA, JMF; MELO, RB; FRANCO, AC. Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savannas de Roraima. **Acta Amazonica** **45**(4), 337-346, 2015.
- FERREIRA, LAQ; MARQUES, CA. Garrafadas: uma abordagem analítica. **Revista Fitos** **12**(3), 243-262, 2018.
- FINK, S. The micromorphological distribution of bound calcium in needles of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. **New Phytologist** **119**, 33-40, 1991.
- FONSECA, CN; LISBOA, PLB; URBINATI, CV. A xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências Naturais** **1**(1), 65-140, 2005.
- FRANCHESCI, VR; NAKATA, PA. Calcium oxalate in plants: Formation and function. **Annual Review of Plant Biology** **56**, 41-71, 2005.
- FRANCHESCI, VR. Calcium oxalate formation is a rapid and reversible process in *Lemna minor* L. **Protoplasma** **148**(2-3), 130-137, 1989.
- GREGORY, M; BAAS, P. A survey of mucilage cells in vegetative organs of dicotyledons. **Israel Journal of Botany** **38**, 125-174, 1989.
- GURASHI, NA; KORDOFANI, MA. Variations in leaf morphology of baobab (*Adansonia digitata* L) in Sudan. **Agriculture and Forestry Journal** **1**(2), 89-98, 2017.
- HOSSAIN, E; MANDAL, SC; GUPTA, JK. Pharmacognostical evaluation of *Bombax malabaricum* leaves. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research** **4**(11), 4245-4252, 2013.
- IBRAHIM, ZM; HASSAN, SA; MOHAMED, HEA; BADAWI, AAL. Cladistic analysis of some taxa in Malvaceae s.l. "Core Malvales" based on anatomical characteristics. **Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany)** **14**(1), 87-105, 2018.
- ILARSLAN, H; PLAMER, R; IMSANDE, J; HORNER, H. Quantitative determination of calcium oxalate and oxalate in developing seeds of soybean (Leguminosae). **American Journal of Botany** **84**(8), 1042-1046, 1997.
- JOHANSEN, DA. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940, 523p.
- JORGE, N; LUZIA, DMM. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. **Acta Amazonica** **42**(1), 149-156, 2012.
- JUDD, WS; CAMPBELL, CS; KELLOGG, EA; STEVENS, PF; DONOGHUE, MJ. **Plant systematics: A phylogenetic approach**, 4th Ed. Oxford: Oxford University Press, 2015, 677p.
- KARNOVSKY, MJ. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology** **27**, 137-138, 1965.
- KAWAI, K; MIYOSHI, R; OKADA, N. Bundle sheath extensions are linked to water relations but not to mechanical and structural properties of leaves. **Trees** **31**(4), 1227-1237, 2017.
- KIDWAI, PFLS. Epidermal structure and stomatal development in *Bombax ceiba* L. (Bombacaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **68**, 227-234, 1974.
- KOTINA, EL; OSKOLSKI, AA; TILNEY, PM; WYK, BEV. Bark anatomy of *Adansonia digitata* L. (Malvaceae). **BioOne** **39**(1), 31-40, 2017.
- KRAUS, JE; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997, 198p.
- KURUVILLA, J; ANILKUMAR, M. Pharmacognostical studies in the leaves of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry** **7**(6), 46-54, 2018.

- LEHNEBACH, R; ALMÉRAS, T; CLAIR, B. How does bark contribution to postural control change during tree ontogeny? A study of six Amazonian tree species. **Jornal of Experimental Botany** **71**(9), 2641-2649, 2020.
- LEITÃO, CAE. An alternative stage micrometer for use at light microscope. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia** **8**(2), 58-61, 2016.
- LEITÃO, CAE. Portable digital camera or smartphone as tools for micrographs obtention straight from the microscope eyepiece. **Advances in Biotechnology & Microbiology** **15**(5), 128-129, 2020.
- LEITÃO, CAE; MEIRA, RMSA; AZEVEDO, AA; ARAÚJO, JM. Ontogenia dos nectários extraflorais de *Triumfetta semitriloba* (Tiliaceae). **Planta Daninha** **20**(3), 343-351, 2002.
- LEITÃO, CAE; MEIRA, RMSA; AZEVEDO, AA; ARAÚJO, JM; SILVA, KLF; COLLEVATTI, RG. Anatomy of the floral, bract, and foliar nectaries of *Triumfetta semitriloba* (Tiliaceae). **Canadian Journal of Botany** **83**, 279-286, 2005.
- LEITÃO, CAE; SILVA, KF; CARMO, EM. Botânica em foco: atividades em anatomia vegetal para práticas do ensino fundamental e médio. **Revista de Educación em Biología** **25**(1), 45-57, 2022.
- LEÓN, WJ; TÉLLEZ, AB; HERNÁNDEZ, DA; ROJAS, L. Ecoanatomía xilemática de 24 especies de Malvaceae en Venezuela. **Ernstia** **29**(2), 41-71, 2019.
- LONGUI, EL; SILVA, RABG; ROMEIRO, D; LIMA, IL; FLORSHEIM, SMB; MELO, ACG. Root-branch anatomical investigation of *Eriotheca gracilipes* young trees: a biomechanical and ecological approach. **Scientia Florestalis** **40**(93), 23-33, 2012.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil** Vol1. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992, 368p.
- MARINHO, LC; LEITÃO, CAE. Herborization hot chamber set upon a steel stand: a low-cost alternative for laboratories in developing. **Revista Biociências** **20**(2), 32-30, 2014.
- MARQUES, CA; CARIAS, LCS; SOARES, FM. Metodologia para caracterização de matérias-primas vegetais em temperos prontos. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia** **3**(1-2), 2-5, 2011.
- MARQUES, CA; NASCIMENTO, XPR; FRANÇA, LB; FREITAS, AC; ROCHA, LSG; NERY, IA. Análise microscópica em amostras de doces comercializados no Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia** **8**(2), 29-35, 2016.
- MARTINS, VC; AQUINO, GAS; MARQUES, CA; TORRES, JC. Avaliação da qualidade de méis comercializados no município de São João de Meriti, RJ. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia** **6**(1-2), 14-21, 2014.
- MEDEIROS, AML; MARQUES, CA. 2019. Morphological analysis of starch granules in flours and another foods in the Rio de Janeiro State, Brazil. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia** **11**, 128-140, 2019.
- MENDES, KR; MACHADO, SR; AMARO, ACE; SILVA, SCM; FERREIRA Jr, V; RODRIGUES, TM. Distribution of homobaric and heterobaric leafed species in the Brazilian Cerrado and seasonal semideciduous forests. **Flora** **225**, 52-59, 2016.
- METCALFE, CR; CHALK, L. **Anatomy of dicotyledons** Vol 1. Oxford: Clarendon Press, 1950, 1500p.
- MOLANO-FLORES, B. Herbivory and calcium concentrations affect calcium oxalate crystal formation in leaves of *Sida* (Malvaceae). **Annals of Botany** **88**(3), 387-391, 2001.
- NEGER, F. Die Wegsmakeit der Laubblätter für Gase. **Flora** **111**, 152-161, 1918.
- NORDAHLIA, AS; NORAINI, T; CHUNG, RCK; LIM, SC; NADIAH, I; AZAHANA, NA; SOLIHANI, NS. Comparative wood anatomy of three *Bombax* species and *Ceiba pentandra* (Malvaceae: Bombacoideae) in Malaysia. **Malayan Nature Journal** **68**(1-2), 203-216, 2016.
- O'BRIEN, TP; FEDER, N; McCULLY, ME. Polychromatic staining of plant cell walls by Toluidine blue O. **Protoplasma** **59**, 368-373, 1964.
- OGUNDIPE, OT; AJAYI, GO. Epidermal and phytochemical studies in some species of the family Bombacaceae in Nigeria. **Bioscience Research Communications** **14**(1), 25-31, 2002.
- OLIVEIRA, JTA; VASCONCELOS, IM; BEZERRA, LCNM; SILVEIRA, SB; MONTEIRO, ACO; MOREIRA, RA. Composition and nutritional properties of seeds from *Pachira aquatica* Aubl., *Sterculia striata* St Hil et Naud and *Terminalia catappa* Linn. **Food Chemistry** **70**, 185-191, 2000.
- PAIVA, EAE. Do calcium oxalate crystals protect against herbivory? **The Science of Nature** **108**, 24, 2021.
- PANTOJA, GF; CORDEIRO, YEM; SILVA, SG; SOUSA, RL. Uso e aplicações medicinais da mamorana (*Pachira aquatica* Aublet) pelos ribeirinhos de São Lourenço, Igarapé-Miri, Estado do Pará, Amazônia. **Interações** **21**(3), 647-662, 2020.
- PAULA, JE. Estudos sobre Bombacaceae IV – Anatomia de *Catostemma albuquerquei* Paula. **Acta Amazonica** **6**(4), 439-448, 1976.
- PÉCHON, T; GIGORD, LDB. On the relevance of molecular tools for taxonomic revision in Malvales, Malvaceae *s.l.*, and Dombeyoideae. In: BESSE, P (Ed). **Molecular plant taxonomy. Methods in molecular biology**, Vol 1115. Pp 337-363. Totowa: Humana Press, 2014.
- PEIXOTO, AL; ESCUDEIRO, A. *Pachira aquatica* (Bombacaceae) na obra “História dos animais e árvores do Maranhão” de Frei Cristóvão de Lisboa. **Rodriguésia** **53**(82), 123-130, 2002.
- PENNISI, SV; McCONNELL, DB; GOWER, LB; KANE, ME; LUCANSKY, T. Intracellular calcium oxalate crystal structure in *Dracaena sanderiana*. **New Phytologist** **150**(1), 111-120, 2001.

- PEREIRA, KS; CANTO, LLA; MARCOMINI, PRG; MENDONÇA, MS. Elaboração de fichas-protocolo de histoquímica como auxílio nas aulas de anatomia vegetal. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências** 9(20), 162-168, 2016.
- PERROTTA, VG; STENGLEIN, SA; ARAMBARRI, AM. Leaf anatomy of *Ceiba chodatii* and *C. speciosa* (Bombacaceae). **Kurtziana** 33(2), 17-25, 2007.
- RIBEIRO, VC; LEITÃO, CAE. Utilisation of Toudine blue O pH 4.0 and histochemical inferences in plant section obtained by free-hand. **Protoplasma** 257(3), 993-1008, 2020.
- REDE AMAZÔNICA DE INFORMAÇÃO SOCIOAMBIENTAL GEORREFERENCIADA – RAISG. **Amazônia Sob Pressão**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2020, 68p.
- ROCHA, AA; FERRAZ, AEQ. **Atlas geográfico de Vitória da Conquista**. Vitória da Conquista, 2015, 128p.
- RODRIGUES, AP; PEREIRA, GA; TOMÉ, PHF; ARRUDA, HS; EBERLIN, MN; PASTORE, GM. Chemical composition and antioxidant activity of monguba (*Pachira aquatica*) seeds. **Food Research International** 121, 880-887, 2019.
- ROJAS, L; LEÓN, WJ. Anatomía de la madera de 25 especies de Malvaceae en Venezuela. **Pittieria** 43, 8-33, 2019.
- ROTH, I. Estructura anatomica de la corteza de algunas especies arboreas venezolanas de Bombacaceae. **Acta Botánica Venezuelica** 7(1-4), 67-82, 1972.
- ROTH, I; LINDORF, H. Leaf structure of two species of *Pachira* indigenous of Venezuela from different habitats. **Botanische Jahrbücher für Systematik, Planzengeschichte und Planzengeographie** 113(2-3), 203-219, 1991.
- SAID, WM; EBSAN, NOM; KHALIFA, NS. Comparative study of three species of Malvatheca (Bombacoideae and Malvoideae (Malvaceae *sensu lato*) using morphological, anatomical and RAPD-PCR analyses. **Advances in Environmental Biology** 7(2), 415-426, 2013.
- SANCHEZ, AC; HAQ, N; ASSOGBADJO, AE. Variation in baobab (*Adansonia digitata* L.) leaf morphology and its relation to drought tolerance. **Genetic Resource and Crop Evolution** 57, 17-25, 2010.
- SANTOS, AE. As principais linhas de biologia forense e como auxiliam na resolução de crimes. **Revista Brasileira de Criminalística** 7(3), 12-20, 2018.
- SANTOS, HG; JACOMINE, PKT; ANJOS, LHC; OLIVEIRA, VA; LUMBRERAS, JF; COELHO, MR; ALMEIDA, JA; ARAÚJO-FILHO, JC; OLIVEIRA, JB; CUNHA, TJF. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 5ª Ed. Brasília: Embrapa, 2018, 356p.
- SCARELI-SANTOS, C; SAMPAIO, AC; SILVA, PC. Práticas acessíveis de anatomia vegetal: utilização de espécies ornamentais no ensino de botânica. **Revista Querubim** 12(29), 101-139, 2016.
- SILVA, MS; SILVA, LB; SANTOS, NC; CARVALHO, ER; SILVA, CRA; SILVA, CCS; LEITE, KRB. **Madeiras da Bahia – Anatomia do lenho de espécies nativas da Mata Atlântica**, Vol 1. Salvador: EDUFBA, 2022, 205p.
- SINT, KM; ADAMOPOULOS, S; KOCH, G; HAPLA, F; MILITZ, H. Wood anatomy and topochemistry of *Bombax ceiba* L. and *Bombax insigne* Wall. **BioResources** 8(1), 530-544, 2013.
- TERASHIMA, I. Anatomy of non-uniform leaf photosynthesis. **Photosynthesis Research** 31, 195-212, 1992.
- WALDHOFF, D. Leaf structure in trees of Central Amazonian floodplain forests (Brazil). **Amazoniana** 17(3-4), 451-469, 2003.

