

Estrutura foliar de *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. (Malpighiaceae) em ambiente de cerrado e campo rupestre

Leaf structure of *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. (Malpighiaceae) in a savannah and rupestrian field environment

Estructura foliar de *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. (Malpighiaceae) en un entorno de campo de sabana y rupestre

Recebido: 10/11/2020 | Revisado: 19/11/2020 | Aceito: 15/12/2020 | Publicado: 16/12/2020

Manuel Losada Gavilanes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7480-6582>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: mlgavilanes@ufla.br

André Maciel da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3469-2810>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: andremaciobot@gmail.com

Mariana Virginia de Freitas Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1063-0877>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: marianavir@gmail.com

Júlia Assunção de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8358-2832>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: juliaassuncaooliveira@hotmail.com

Felipe Fogaroli Corrêa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9072-0436>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: felipecorrea@ufla.br

Luiz Carlos de Almeida Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6336-0247>

Universidade Federal de Alfenas, Brasil

E-mail: rodrigues.lca@gmail.com

Vinicius Politi Duarte

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5853-2411>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: viniciuspoliti@hotmail.com

Resumo

Byrsonima coccolobifolia Kunth. (Malpighiaceae) é citada como planta apícola, forrageira, produtora de frutos comestíveis e como planta medicinal, podendo ser utilizada como diurética (uso interno, em infusão) a partir das cascas dos caules e dos frutos. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo quali-quantitativo das características anatômicas da folhas desta espécie que ocorre em áreas de cerrado e campo rupestre. As observações anatômicas foram realizadas em folhas de material fresco ou fixado, tratadas segundo metodologias usuais em anatomia vegetal. Foram observadas as seguintes características: epidermes do pecíolo e da lâmina foliar uniestratificadas; estômatos do tipo paracítico presentes somente na face abaxial da folha; mesofilo com parênquima paliçádico de uma só camada de células; parênquima lacunoso com sete a nove camadas celulares com formas irregulares e tamanhos variados; idioblastos cristalíferos, observados em todos os parênquimas do pecíolo e lâmina foliar; feixes vasculares, do tipo colateral; colênquima observado, subepidemicamente, no pecíolo e nervuras de maior porte, nas duas faces; o padrão geral de nervação da espécie é pinado, camptódromo, broquidódromo. As análises micromorfométricas revelaram diferenças significativas em todos os itens quantitativos analisados, sendo as médias mais elevadas encontradas nas folhas das plantas crescendo no cerrado. Isto sugere que a influência de fatores ambientais pode ter modulado respostas morfológicas nas plantas, visto que o tipo e distribuição qualitativa dos tecidos não sofreram alterações nos dois ambientes.

Palavras-chave: Anatomia foliar; Venação foliar; Murici-rosa; Anatomia ecológica; Anatomia quali-quantitativa.

Abstract

Byrsonima coccolobifolia Kunth. (Malpighiaceae) is mentioned as an apicultural, forage plant, producer of edible fruits, and as medicinal plant, and can be used as diuretic (internal use, in infusion from the bark of the stems and fruits). The aim of this work was to evaluate the qualitative and quantitative leaf anatomical traits of this species occurring both in Brazilian

Cerrado and Campo Rupestre ecosystems. Anatomical analysis was performed in fresh or fixed leaves processed with usual plant microtechnique. Leaves showed uniseriate epidermis in petiole and leaf blade. Likewise, paracytic stomata were found only in abaxial side of leaf surface. Mesophyll contains uniseriate palisade parenchyma and multiseriate lacunous parenchyma (seven - nine layers) which showed cells with different morphology and size. Crystal idoblasts of different types were observed in both petiole and leaf blade. Collateral vascular bundles were found both in petiole and leaf blade. Leaf venation type was pinnate, campylodromous or brochodromous. The micromorphometric analysis showed significant differences from plants of different environments for all leaf characteristics and Cerrado plants showed higher means for all evaluated traits. Therefore, the influence of environments may have modulated morphological responses in *P. rigida* as any difference in the type or distribution of leaf tissues were related to Cerrado or Campo Rupestre.

Keywords: Leaf anatomy; Foliar venation; “Murici-rosa”; Ecological Anatomy; Qualitative anatomy.

Resumen

Byrsonima coccolobifolia Kunth. (Malpighiaceae) se menciona como planta apícola, forrajera, productora de frutos comestibles y como planta medicinal, pudiendo ser utilizada como diurético (uso interno, en infusión) de la corteza de los tallos y frutos.

El objetivo de este trabajo fue un estudio cualitativo y cuantitativo de las características anatómicas de las hojas de esta especie que se encuentra en un entorno de campo de sabana y rupestre. Las observaciones anatómicas se realizaron en láminas de material fresco o fijo, tratadas según metodologías habituales en anatomía vegetal. Se observaron las siguientes características: epidermis del pecíolo y limbo foliar uniestratificado; estomas de tipo paracítico presentes solo en la cara abaxial de la hoja; mesófilo con parénquima empalizada de una sola capa de células; parénquima lacuno con siete a nueve capas de células con formas irregulares y tamaños variables; idioblastos cristalíferos, observados en todo el parénquima del pecíolo y del limbo foliar; haces vasculares, tipo colateral; colénquima observado, subepidérmicamente, en el pecíolo y costillas más grandes a ambos lados; se marca el patrón general de nerviosismo de la especie, camptódromo, broquidódromo. Los análisis micromorfométricos revelaron diferencias significativas en todos los ítems cuantitativos analizados, con los promedios más altos encontrados en las hojas de las plantas que crecen en el cerrado. Esto sugiere que la influencia de factores ambientales puede haber

modulado las respuestas morfológicas en las plantas, ya que el tipo y la distribución cualitativa de los tejidos no cambiaron en ambos ambientes.

Palabras clave: Anatomía de la hoja; Nervadura de la hoja; “Murici-rosa”; Anatomía ecológica; Anatomía cualitativa y cuantitativa.

1. Introdução

De acordo com Davis e Anderson (2010), a família Malpighiaceae Juss., apresenta distribuição pantropical, sendo mais diversa na América do Sul, compreendendo cerca de 77 gêneros e 1300 espécies. Para o Brasil são citadas 561 espécies distribuídas em 44 gêneros e para Minas Gerais, 192 espécies distribuídas em 28 gêneros (Mamede et al., 2015). Esta família é facilmente reconhecida pela presença de elaióforos dispostos aos pares na base das sépalas de quase todas as espécies (Davis e Anderson, 2010).

Dentre os gêneros que constituem a família, *Byrsonima* Rich. ex Kunth. é considerado um dos maiores com 97 espécies, agrupando espécies de grande importância medicinal, ornamental, produtoras de frutos comestíveis - os muricis e produtos para cosméticos (Ribeiro et al., 1999; Mamede e Francener, 2015), sendo sua madeira utilizada como lenha, segundo informações de Melo e Barbosa (2007)

. Souza e Lorenzi (2012), afirmam que do ponto de vista econômico da família a espécie mais estudada é a acerola (*Malpighia glabra* L.), que os muricis (*Byrsonima* spp.) produzem frutos comestíveis, cujo potencial é pouco estudado e explorado, e que o potencial ornamental da família é subutilizado, destacando a espécie *Lophanthera lactescens* Duke (Chuva-de-ouro), proveniente da Amazônia – uma das mais ornamentais do Brasil.

A espécie estudada, *Byrsonima coccolobifolia* Kunth, é citada como planta apícola; considerada como possuidora de características para ser utilizada como ornamental; possuidora de frutos comestíveis, com propriedades forrageiras, aproveitamento como madeireira; como produtora de madeira que pode ser utilizada para esteios, moirões, carvão e lenha (Brandão e Ferreira, 1991; Gavilanes, Brandão e Cardoso, 1991; Gavilanes e Brandão, 1996; Gavilanes e Brandão, 1991; Brandão e Ferreiam 1991; Gavilanes e Brandão, 1991; Melo e Barbosa, 2007). Além disso, esta espécie apresenta propriedades de planta medicinal, podendo ser utilizada como diurética (uso interno, em infusão) a partir das cascas dos caules e dos frutos, segundo Brandão (1993) e Gavilanes e Brandão (1998). Brandão e Gavilanes

(1992) colocam a espécie no rol daquelas arbóreas padronizadoras do cerrado, dentro do Estado de Minas Gerais.

Segundo Mamede e Francener (2015) esta espécie ocorre nos Domínios Fitogeográficos: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, em diversos tipos de vegetação: Campinarana, Campo Rupestre, Cerrados, Floresta Ciliar ou Galeria, Savana Amazônica. Na Região Norte, existem coletas nos estados do Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins; no Nordeste, nos Estados de Alagoas, Bahia, Maranhão, Piauí, Sergipe; no Centro-Oeste, nos estados: Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso; no Sudeste, no Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo; e na Região Sul, no Estado do Paraná.

Na área de estudo, a espécie foi encontrada em áreas de cerrado e campo rupestre e todas as suas gradações, além de ocorrer nas áreas de transição campo rupestre – campo limpo e campo rupestre – borda de matas, estas, próximo a locais com maior circulação de água, e nas áreas de transição cerrado – borda de matas. A espécie é facilmente reconhecida, por ser a única com folhas jovens, e as plenamente desenvolvidas, com nervura mediana e nervuras secundárias com coloração rosada, e inflorescências com flores com pétalas branco-rosadas (Figura 1).

2. Metodologia

O material botânico estudado é proveniente de coletas realizadas em áreas remanescentes de cerrado alterado, em fase de recuperação e de campo rupestre, localizadas na Serra do Campestre, dentro do Município de Lavras, MG. A área do cerrado está localizada nas coordenadas 21°20'00.42" S e 44°58'09.66" O, a uma altitude de 1041 m, e a área do campo rupestre nas coordenadas 21°20'19.45" S e 44°58'38.40" O, a uma altitude de 1159 m. Para a caracterização das espécies, baseou-se nos trabalhos de Mamede (1987, 2004) além da observação de exemplares depositados nos herbários: ESAL (Herbário do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG) e FEVASF (Herbário da Fundação Educacional Vale do São Francisco, Iguatama, MG). Amostras do material botânico encontram-se depositados no Herbário ESAL, sob os números: ESAL 23486 (espécime coletado em cerrado alterado) e ESAL 23487 (espécime coletado em campo rupestre).

O estudo anatômico foi realizado em material fresco e fixado. A fixação foi realizada no local de coleta, sendo empregados os fixadores: FAA, com graduação alcoólica de 70° GL,

por um período de 72 horas, posteriormente transferido e conservado em etanol 70° GL até a data das análises (Jensen, 1962). Foram utilizadas folhas completamente desenvolvidas, coletadas no 5° nó.

Os cortes histológicos foram realizados à mão livre com auxílio de lâmina de aço. Os cortes foram praticados em diferentes posições (base, meio e ápice) ao longo da nervura mediana e da lâmina foliar e do bordo foliar (na porção mediana). No estudo da epiderme, em vista frontal, utilizaram-se cortes paradérmicos ou o seu isolamento pela solução de Jeffrey (Ácido Nítrico 10%; Ácido Crômico 10%) (Johansen, 1940). Foram confeccionadas lâminas semipermanentes, utilizando-se como meio de montagem o glicerol a 50% em água. A coloração das secções transversais da lâmina foliar e do pecíolo, foi feita com solução de azul de astra e safranina, ambos a 1% em água, na proporção de 9:1 (Bukatsch, 1972).

A contagem dos estômatos e todas as medidas concernentes foram realizadas em três regiões: base, meio e ápice da lâmina foliar. Para as observações transversais e longitudinais das células estomáticas, as folhas, das espécies estudadas, foram seccionadas transversalmente à nervura mediana na região do terço médio (Beiguelman, 1962). A classificação básica dos estômatos foi baseada em Metcalfe & Chalk (1950).

Para os testes histoquímicos, cortes foram submetidos a reagentes específicos; a identificação da lignina foi feita com o uso de floroglucina adicionada com gotas de ácido clorídrico concentrado ou solução aquosa de ácido sulfúrico a 50% (Foster, 1949); cutícula e camadas cutinizadas foram evidenciadas com o emprego de Sudan IV em solução hidroalcoólica a 80% (Foster 1949); a celulose foi identificada pelo reativo de iodo-iodeto de potássio em ácido sulfúrico, e a natureza química de cristais foi identificada utilizando-se solução aquosa de ácido acético e de ácido clorídrico (Chamberlain, 1932).

Para o estudo da nervação, utilizaram-se folhas de material herborizado e material fixado. As folhas, ou fragmentos foram clarificadas em solução aquosa de hidróxido de sódio a 5%, solução renovada diariamente até a completa clarificação das folhas; em seguida foram diafanizadas em hipoclorito de sódio 50%, e coradas com solução hidroalcoólica de safranina a 1% (Felipe e Alencastro, 1966). A descrição dos caracteres gerais das folhas e tipos de nervuras foram baseados em Hickey (1973).

Os desenhos e esquemas anatômicos foram realizados com o auxílio de câmara clara (tubo de desenho) acoplada em microscópio óptico Olympus CBB, tendo sido projetada uma escala micrométrica nas mesmas condições em que foram feitos os desenhos e esquemas. Os diagramas seguiram a orientação de Metcalfe & Chalk (1950).

Para o estudo quantitativo foram analisadas duas lâminas por folha (20 folhas) e duas secções por lâmina, observadas ao microscópio de luz acoplado à câmera digital e realizada uma fotomicrografia de cada secção. Os parâmetros anatômicos quantitativos foram analisados com o auxílio do software de análise de imagem ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA) calibrado com régua microscópica fotografada nos mesmos aumentos das fotomicrografias. Para as análises biométricas, as folhas foram escaneadas em escanner de mesa. As imagens escaneadas foram utilizadas para cálculo do comprimento e largura da lâmina, além da área foliar.

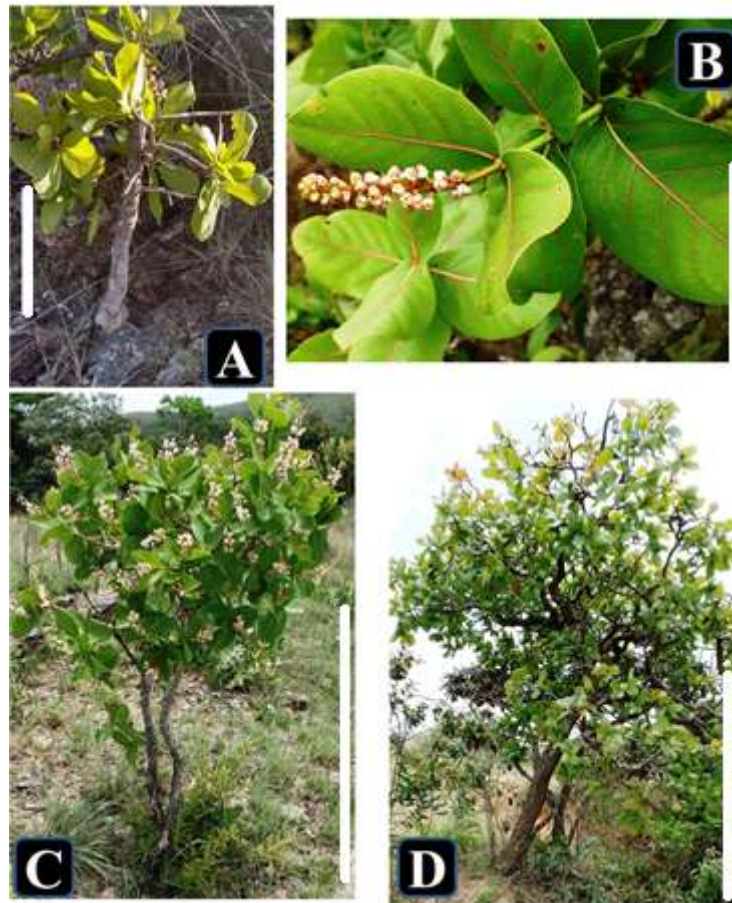
Foi realizada a análise de variância com o teste de F para detectar as diferenças entre os tratamentos e o teste de Scott-Knott para $p < 0,05$ para o estudo das médias em software de análise estatística (Sisvar 5.0) (Ferreira, 2011). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (ambientes) e 20 repetições.

3. Resultados e discussão

Descrição Morfológica

A espécie estudada (Figura 1) apresenta hábito de arvoretas ou arbustos, de 0,5 - 4 (4,5) metros de altura. Ramos esparsamente pubérulos, alvos. Entrenós de 2 - 3 centímetros de comprimento. Estípulas intrapeciolares 0,5 - 1,5 milímetros de comprimento. Pecíolos extremamente curtos. Folhas de lâmina simples, sub-sésseis, ovaladas a oval-arredondadas, ápice obtuso, arredondado a emarginado, base arredondada ou cordada, de margem inteira, 8,0 - 15,5 centímetros de comprimento x 5,1 - 9,7 centímetros de largura, glabras em ambas as superfícies. Inflorescências terminais, 5,5 - 13,5 centímetros de comprimento; pedúnculos 1,5 - 3 centímetros de comprimento. Brácteas 1,5 - 4 milímetros de comprimento; bracteólas 1,5 - 3 milímetros de comprimento. Flores branco-rosadas; pedicelos 4 - 11 milímetros de comprimento; sépalas 3 - 4,5 centímetros de comprimento; pétala posterior 7 - 8 milímetros de comprimento x 3,5 - 4 milímetros de largura, pétalas laterais 5 - 7 milímetros de comprimento x 3 - 5 milímetros de largura; gineceu glabrescente, androceu 10 estames férteis. Frutos do tipo drupoide, cada fruto com um pirênio trilocular, trispémico (Barroso et al., 1984); quando imaturos apresentam coloração esverdeada, e quando maduros apresentam-se com coloração amarelada (Figura 1).

Figura 1: *Byrsonima coccolobifolia*: A – Espécime em campo rupestre; B – Detalhe das folhas e inflorescência; C – Espécime em área de cerrado; D – Espécime com 4,5 m de altura, em área de cerrado (Escala: A - 20 cm; B 10 cm; C - 100 cm; D - 200 cm).



Fonte: Autores (2015).

Nas descrições apresentadas por Mamede (1987, 2004) para exemplares coletados em áreas de cerrado e campo rupestre e todas as suas gradações a altura das plantas é citada como variando de 2 – 3,0 (3,5) metros de altura. Nas áreas do presente estudo, foram observados exemplares cujas alturas variaram de 0,4 – 1,0 metro de altura no campo rupestre e no cerrado de 1,0 – 4,0 (4,5) metros de altura. Barroso et al. (1984) na descrição das características morfológicas da família Malpighiaceae, afirmam que espécies do gênero *Byrsonima* podem apresentar estípulas inter ou intrapeciolares. Mamede (1987, 2004) descreve a espécie com pecíolos ausentes, no trabalho sobre as Malpighiaceae da Serra do Cipó – Minas Gerais e presença de pecíolos no trabalho sobre as Malpighiaceae da Flora de Grão Mogol – Minas Gerais. Nos materiais estudados, aqui examinados, foi constatado, a partir de cortes transversais, a presença de pecíolo extremamente curto (folhas curtíssimamente pecioladas ou subsésseis) e presença de estípulas intrapeciolares (Figuras 2 A, 2 B). A presença de pecíolo

muito curto também é citado por Beiguelman (1962-1963), em material, estudado, ocorrente em área de cerrado.

As folhas dos espécimes que crescem no cerrado apresentam maiores dimensões de comprimento, largura e área foliar (Tabela 1), provavelmente devido ao fato de sofrerem sombreamento, o que não ocorre com os espécimes do campo rupestre. O ambiente de campo rupestre é tipicamente caracterizado por vegetação rasteira e ambientes abertos, sujeitos a maior radiação incidente (Alves et al., 2014), enquanto o cerrado pode conter vegetação arbórea abundante (Nettesheim et al., 2010); o ambiente de campo rupestre possui solos particularmente pobres e um período seco bastante característico (Alves et al., 2014), ocorrendo maior quantidade de fatores desfavoráveis quando comparado ao cerrado. Segundo Kubinova (1991), folhas desenvolvidas em ambientes com maior radiação apresentam menor área em comparação a folhas sombreadas. Apesar de todas as variáveis relacionadas às dimensões das folhas apresentarem diferenças estatísticas (Tabela 1), elas são classificadas como folhas mesófilas, pelo fato de estarem dentro do intervalo de 45,00 – 182,25 cm² de área, segundo a classificação de Raunkiaer, modificada por Webb (1959).

Tabela 1: Modificações na estrutura foliar de *Byrsonima coccolobifolia* em ambiente de cerrado e campo rupestre.

Características	Cerrado	Campo rupestre
Área foliar (cm ²)	89,04 (± 17,72) a	51,15 (± 5,89) b
Comprimento foliar (cm)	13,60 (± 1,60) a	9,98 (± 0,80) b
Largura foliar (cm)	8,51 (± 1,05) a	6,66 (± 0,56) b

As médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para p<0,01. Entre parênteses está indicado o desvio padrão.
Fonte: Autores (2015).

Anatomia da folha

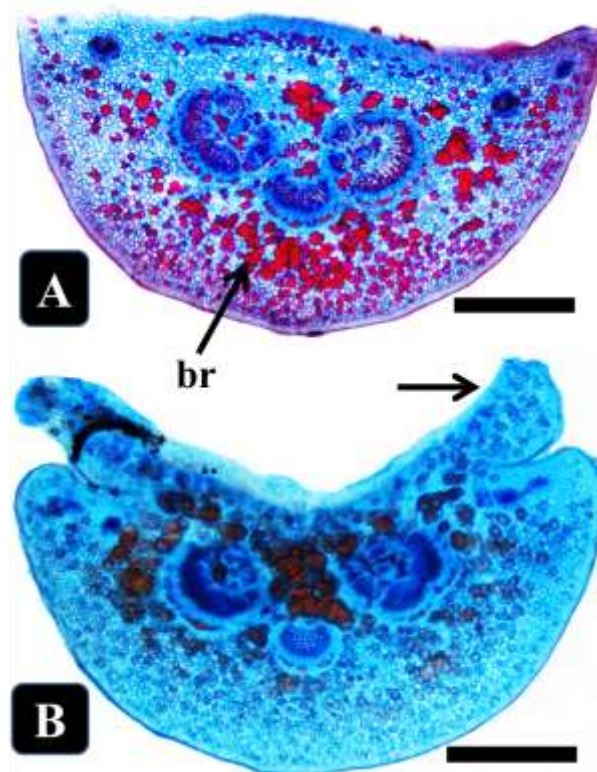
Pecíolo

Transversalmente, sua secção apresenta-se côncavo-convexa, na sua porção basal, e tendendo a plano convexa na sua porção apical, já no limite pecíolo-nervura mediana (Figura 2 A). A secção côncavo-convexa na porção basal é reforçada pela presença de estípulas intrapeciolares (Figura 2 B).

A epiderme é uniestracificada. Suas células, de secção irregular, são recobertas por uma cutícula espessa, que se apresenta lisa sobre as paredes periclinais externas e que forma depressões em direção as paredes anticlinais, constituindo flanges cuticulares, semelhantes às observadas na epiderme da nervura mediana (Figura 14 A e B). A irregularidade do lume celular está relacionado com a desigualdade de espessamentos das paredes celulares mais acentuados nas paredes periclinais internas, devido à presença de colênquima subepidérmico (Figura 14 A e B).

O colênquima é do tipo angular presente nas faces abaxial e alas laterais. Suas camadas celulares variam de 4 - 6 na porção mediana da face abaxial e 6 - 8 camadas nas duas alas. Na face adaxial não há presença de camadas de colênquima devido à presença de estípulas intrapeciolares (Figura 2 B).

Figura 2: *Byrsonima coccolobifolia*. Estrutura do pecíolo em secção transversal. A – Secção na porção apical, no limite pecíolo – nervura mediana; B – Secção na porção basal (Escala: A e B - 1000 μ m). Em A: br – braquiesclereídeos; em B: seta – estípula intra-peciolar.

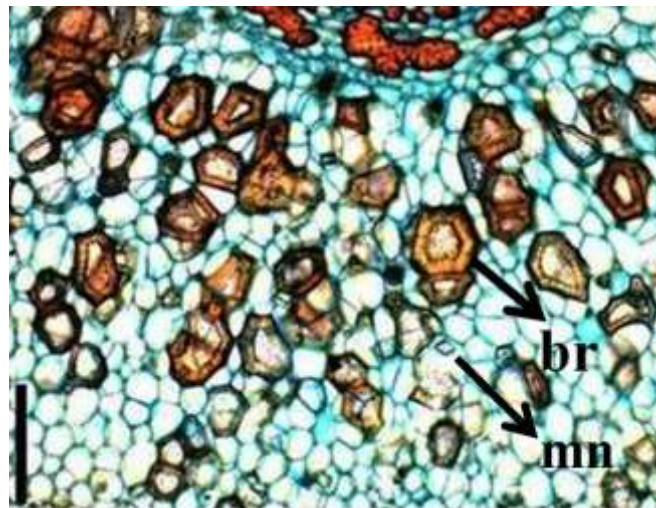


Fonte: Autores (2015).

O parênquima fundamental é constituído por várias camadas de células heterodimensionais, incolores, deixando entre si numerosos espaços intercelulares que variam

de formato triangular a aproximadamente retangulares até formatos irregulares que podem ser classificados como meatos. Os espaços intercelulares tornam-se maiores à medida que se afastam do colênquima. Nesse parênquima há idioblastos cristalíferos contendo drusas ou monocristais de oxalato de cálcio, semelhantes àqueles observados no parênquima fundamental da nervura mediana. Em toda a região do parênquima são observados braquiesclereídeos (células pétreas). A Figura 3 detalha o parênquima do pecíolo, na sua porção apical, e permite observar os detalhes dos braquesclereídeos e a presença de monocristais de oxalato de cálcio.

Figura 3. *Byrsonima coccolobifolia*. Detalhe do parênquima do pecíolo, na face abaxial, na sua porção apical, evidenciando braquisclereídeos (br) e monocristais (mn). (Escala: 200 µm).



Fonte: Autores (2015).

Os feixes vasculares constituídos por porções xilemáticas e floemáticas características, em número de três (Figura 2 A e B), do tipo colateral, apresentam-se isolados, sendo os dois laterais maiores, com as extremidades dobradas em direção ao feixe central; o conjunto forma um arco tipo A de Metcalfe & Chalk (1950). Feixes vasculares acessórios, em número de quatro, são observados, nas alas laterais do pecíolo, dois em cada ala. Na porção xilemática dos feixes, os vasos, cujo diâmetro é extremamente variável, estão distribuídos irregularmente, sendo ainda em geral perceptíveis os de protoxilema. Na porção floemática, além das células do parênquima, encontram-se os elementos de tubos crivados e células companheiras. Uma bainha de esclerênquima, reduzida a fibras isoladas ou em pequenos grupos, acompanha externamente o floema. Essa característica está detalhada nas Figuras 12 B e 13 A e B, que representam os feixes vasculares da nervura mediana.

O arranjo dos feixes vasculares é semelhante ao observado por e Araújo et al. (2010) para *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC. A presença de feixes vasculares acessórios, foi citada por Araújo et al. (2010), e segundo esses autores, a presença ou ausência, e número desses feixes permitiu separar espécies dos gêneros, *Banisteriopsis* C.B. Rob. ex Small, *Byrsonima* e *Heteropteris* Kunth, do cerrado de Paraopeba-MG, que afirmaram que a vascularização do pecíolo deve ser considerada como característica promissora na separação de gêneros e espécies, como também verificado em espécies de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) por Bieras e Sajo (2004). Resultados semelhantes aos observados neste estudo e por autores citados, foram observados por Santos et al. (2020) em estudos da importância de espécies do gênero *Byrsonima*. A utilização das características da vascularização do pecíolo para estudos taxonômicos, também é relatada para outros grupos, como, por exemplo, na distinção de gêneros da família Melastomataceae A. Juss. (Reis, Proença e Sajo, 2004) e na diagnose das espécies estudadas do gênero *Chamaecrista* Moench (Leguminosae: Caesalpinioideae) (Francino, 2006).

Lâmina foliar

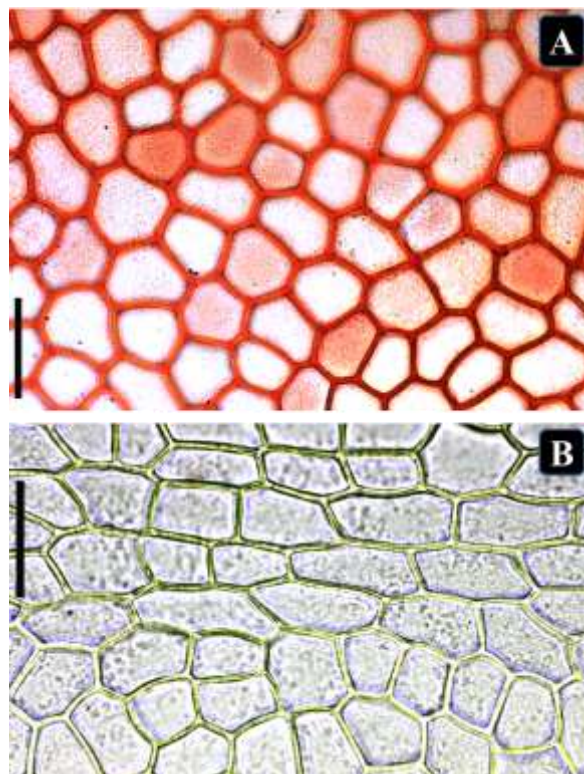
Epiderme na face adaxial

Em vista frontal, a partir de cortes paradérmicos, apresenta células irregulares quanto ao formato e tamanho de contorno poligonal, sem arranjo definido, tendo, raramente quatro lados, e com mais frequência 5 - 7 lados (Figura 4 A e B). Paredes anticlinais, de espessura moderada, são, na maioria, lisas (retas), podendo-se observar que algumas paredes são ligeiramente curvas. Sobre as nervuras, mesmo as de menor porte, e ao longo destas, adquirem formato alongado, no sentido longitudinal, chegando algumas células ao formato retangular (Figura 5 B). Sobre as nervuras de maior porte, as paredes anticlinais apresentam-se mais espessas do que aquelas das células das regiões internervurais. Na epiderme desta face não foram observados estômatos e nem tricomas (Figura 4 A e B).

Observada a partir de cortes transversais, é uniestratificada, com células altas, tendendo ao formato retangular; algumas células apresentam altura maior que a largura; todas as células estão posicionadas no mesmo nível (Figura 5 A e 10 A e B). Paredes pericliniais externas planas a ligeiramente convexas, cobertas por cutícula espessa, lisa e de espessura quase uniforme. Paredes pericliniais internas são convexas e menos espessas que as paredes pericliniais externas. As paredes anticlinais são retas e apresentam espessamentos moderados

junto às paredes periclinais. Nas proximidades das nervuras, mesmo as de menor porte, e sobre estas, as células epidérmicas diminuem gradualmente de tamanho (Figura 13 A e B), quando vistas em corte transversal apresentam formato globoso, com paredes mais espessas e cobertas por cutícula com maior espessura do que aquela sobre as células das regiões internervurais.

Figura 4. *Byrsonima coccolobifolia*: Epiderme da face adaxial da lâmina foliar, em vista paradérmica; A – Em uma região internervural; B – Sobre uma nervura (Escala: A e B – 50 μm)



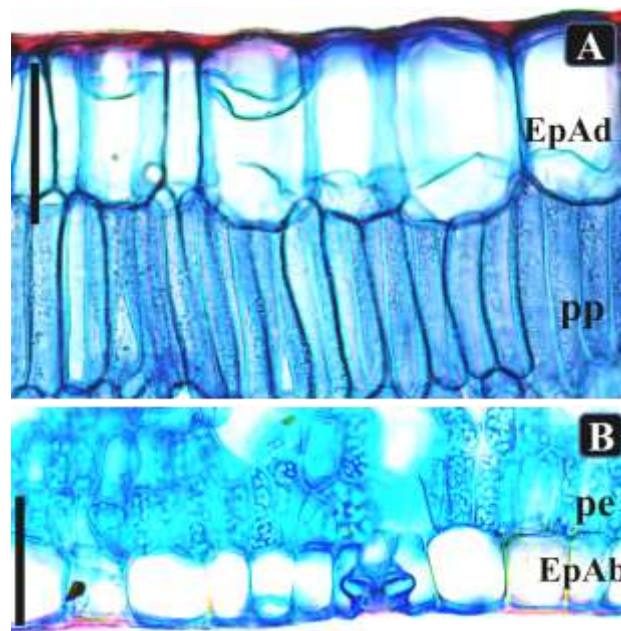
Fonte: Autores (2015).

Epiderme na face abaxial

Como a anterior, em vista frontal, também apresenta células irregulares quanto ao formato (raramente poligonais) e tamanho, sem arranjo definido (Figura 6 A e B). Paredes anticlinais curvas, quase sempre ligeiramente onduladas, e de menor espessura que as das células da epiderme adaxial. Algumas células com paredes lisas também são observadas. Sobre as nervuras, e ao longo destas, as células adquirem formato alongado, tendendo ao formato poligonal retangular (Figura 6 B). Sobre as nervuras de maior porte, as células são

mais alongadas. Junto aos estômatos, e circundando os mesmos, as células epidérmicas comuns não sofrem modificações.

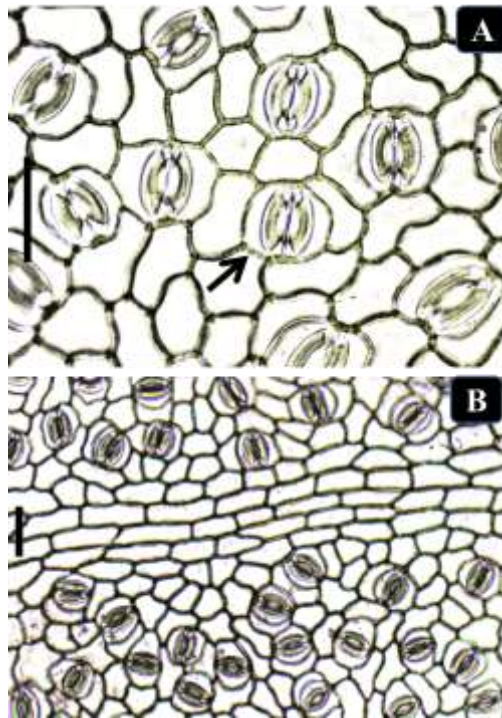
Figura 5. *Byrsonima coccolobifolia*. Detalhe da epiderme em corte transversal: A – Face adaxial (EpAd); B – Face abaxial (EpAb) (Escala: A e B - 50 μ m). (pp: parênquima paliádico; pe: parênquima esponjoso)



Fonte: Autores (2015).

Suas células são irregulares quanto à forma e diâmetros anticlinal e periclinal, algumas tendendo ao formato globoso. Paredes periclinais externas planas a ligeiramente convexas, recobertas por cutícula semelhante a da epiderme na face adaxial, sendo um pouco mais fina. Paredes anticlinais retas e ligeiramente espessadas próximo às paredes periclinais, externa e interna. Nas proximidades das nervuras e sobre as mesmas, as células são menores e apresentam formatos globosos, com paredes mais espessas.

Figura 6. *Byrsonima coccolobifolia*. Epiderme da face abaxial da lâmina foliar, em vista paradérmica; A – Em uma região internevural; B – Sobre uma nervura (Escala: A e B – 50 μ m). A seta indica um estômato do tipo braquiparacítico. Analisada em cortes transversais, é uniestratificada (Figura 5 B e 10 A e B).



Fonte: Autores (2015).

Epiderme foliar uniestratificada, tanto na face adaxial como na face abaxial, parece ser uma constante em espécies de Malpighiaceae conforme relatado por vários autores, como: D'Assumpção et al. 1973 ao estudarem *Mascagnia rigida* (A. Juss.) Griseb., Gavilanes e Ferreira (1974-1976) no estudo da *Pterandra pyroidea* A. Juss., Soares, Servin e Apezto-da-Gloria (1997) quando do estudo de *Malpighia glabra*, Attala (1997, 2004) em espécies de *Banisteriopsis*, *Peixotoa* A. Juss. e *Byrsonima*. Araújo (2008) em estudos com espécies de *Banisteriopsis*, *Heteropteris* e *Byrsonima*, cita a presença de epiderme uniestratificada na face adaxial em nove das 16 espécies analisadas, sendo algumas do gênero *Byrsonima*, e presença de epiderme uniestratificada, na face abaxial em todas as espécies.

Nas folhas, examinadas, no presente estudo, oriundas do cerrado e do campo rupestre, não foram observadas modificações na estruturação, no formato, na posição e comportamento das células epidérmicas; a única alteração verificada diz respeito à espessura (comprimento anticlinal) das células, que é maior nos materiais oriundos do cerrado.

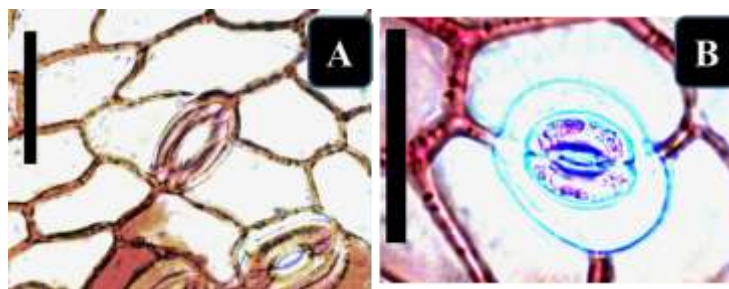
Da observação da Figura 5 A conclui-se que as células epidérmicas, principalmente as da face abaxial, são células altas, quando comparadas a altura de outras células do mesofilo. Isto está referendando a afirmativa de Metcalfe & Chalk (1979): “Outros caracteres considerados importantes para a família Malpighiaceae estão relacionados à epiderme, com células altas e estômatos do tipo paracítico”.

Estômatos

Presentes somente na face abaxial da folha (Figuras 6 A e B, 7, 8, 9), caracterizando-a como hipoestomática. Ocorrem, em média, 234 por mm^{-2} nas folhas de espécimes coletados no cerrado e 206 por mm^{-2} nas folhas coletadas no campo rupestre (Tabela 2).

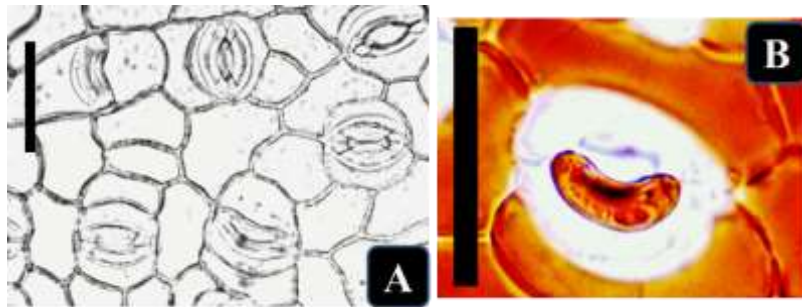
São na maioria do tipo paracítico (rubiáceos) (Figura 7 B), segundo a classificação de Solereder (1908) e Metcalfe & Chalk (1950); estômatos classificados como braquiparacíticos (Figura 6 A), e também como anomocíticos foram observados (Figura 7 A). Nota-se, esporadicamente, a ocorrência de estômatos anômalos, estes representados por uma só célula estomática (Figura 8 A e B) e de estômatos vizinhos duplos ou muito próximos (Figura 9 A e B).

Figura 7. *Byrsonima coccolobifolia*. Detalhe da epiderme da face abaxial, em corte paradérmico, evidenciando estômato do tipo anomocítico, em A, e de estômato do tipo paracítico, em B. (Escala: A e B – 50 μm)



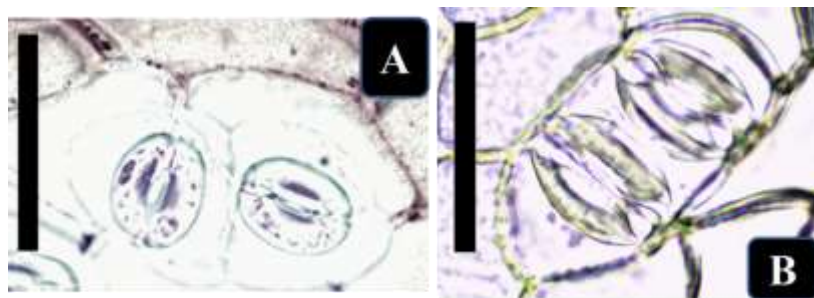
Fonte: Autores (2015).

Figura 8. *Byrsonima coccolobifolia*. A - Detalhe da epiderme da face abaxial, em corte paradérmico, evidenciando estômatos anômalos (formados por 1 só célula estomática) e de estômatos do tipo braquiparacíticos; B – estômato anômalo. (Escala: A e B – 50 µm).



Fonte: Autores, (2015).

Figura 9. *Byrsonima coccolobifolia*. Detalhe da epiderme da face abaxial, em corte paradérmico, evidenciando, em A, estômatos geminados, e em B, estômatos compartilhando e só célula anexa. (Escala: A e B – 50 µm).



Fonte: Autores (2015).

Visualizados a partir de cortes paradérmicos, acham-se dispersos sem qualquer arranjo perceptível (Figura 6 A e B). Em corte transversal o complexo estomático está situado no mesmo nível das demais células epidérmicas e as células estomáticas estão em nível mais inferior em relação à superfície abaxial, devido a se encontrarem encaixadas nas células subsidiárias relativamente grandes, quando comparadas com as demais células epidérmicas (Figura 5 B). Projeções da parede periclinal externa das células estomáticas (cristas estomáticas) delimitam uma pequena câmara supra-estomática (Figura 5 B).

A câmara subestomática é pouco profunda e se estende até as proximidades da penúltima camada do parênquima lacunoso.

Na Tabela 2 apresenta-se a comparação estatística da frequência estomática das folhas oriundas dos dois ambientes; no material proveniente do cerrado todas as médias, referentes à densidade estomática, dimensões dos estômatos, índice estomático, área do estômato e do

ostíolo, são maiores, do que aquelas encontradas em folhas oriundas do ambiente campo rupestre. Verificou-se diferença significativa ($p < 0,01$) para todos os parâmetros analisados. A densidade e distribuição dos estômatos na superfície foliar variam em função da espécie e pode ser influenciada por fatores ambientais (Volenikova & Ticha, 2001; Al Faz et al., 2006).

Tabela 2. Modificações nas características estomáticas de *Byrsonima coccolobifolia*. em ambiente de cerrado e campo rupestre.

Características	Cerrado	Campo rupestre
Densidade estomática (estômatos mm^{-2})	234 ($\pm 23,38$) a	206 ($\pm 26,11$) b
Diâmetro polar estomático (μm)	36,70 ($\pm 1,42$) a	34,15 ($\pm 1,83$) b
Diâmetro equatorial estomático (μm)	26,79 ($\pm 1,49$) a	24,38 ($\pm 2,31$) b
Índice estomático	17,30 ($\pm 1,94$) a	15,56 ($\pm 2,96$) b
Diâmetro polar do ostíolo (μm)	15,00 ($\pm 1,20$) a	13,22 ($\pm 1,78$) b
Diâmetro equatorial do ostíolo (μm)	8,27 ($\pm 0,69$) a	6,95 ($\pm 0,89$) b
Área do estômato (μm^{-2})	772,91 ($\pm 62,92$) a	655,19 ($\pm 81,71$) b
Área do ostíolo (μm^{-2})	97,70 ($\pm 13,70$) a	72,68 ($\pm 15,53$) b

As médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $p < 0,01$. Entre parênteses está indicado o desvio padrão.
Fonte: Autores (2015).

Estômatos do tipo paracítico, situados no mesmo nível das demais células epidérmicas foram observados por Beiguelmann (1962-1963) para *Byrsonima coccolobifolia*, por Bieras (2006) para *Byrsonima coccolobifolia* e *Byrsonima intermedia* A. Juss., por Castro et al. (2007) para *Byrsonima variabilis* A. Juss., por Ferreira et al. (2015) para *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. e *Byrsonima verbascifolia*. Estômatos do tipo anomocítico, foram observados por Ferreira et al. (2015) para *Byrsonima coccolobifolia* em savanas da Amazônia. Estômatos do tipo tetracítico, relatados por Ferreira et al. (2015), não foram detectados nos materiais examinados no presente estudo. Projeções cuticulares (cristas estomáticas), somente na face externa, foram observadas por Castro et al. (2007) em *Byrsonima variabilis*, por Araújo (2008) e Araújo et al. (2010) em todas as espécies de *Byrsonima* analisadas em áreas de cerrado. Em espécies de *Camarea* A. St.-Hil., também foram observados estômatos do tipo paracítico (Mamede, 1993).

Em estudos com *Byrsonima variabilis* em sistemas de campos rupestres na região de Ouro Preto-MG, Castro et al. (2007) relatam a presença de estômatos do tipo paracítico, com

características semelhantes, independentes da área de coleta; obteve-se resultados semelhantes com o presente trabalho com *Byrsonima coccolobifolia* em área de cerrado e campo rupestre, na região de Lavras-MG.

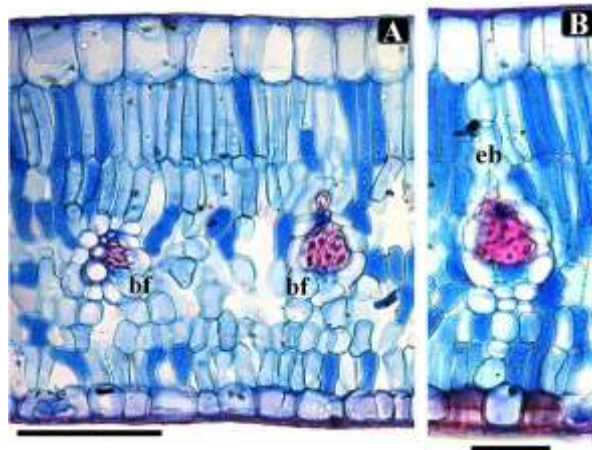
Estômatos anômalos, representados pela existência de estômatos geminados, ou seja, entre dois estômatos vizinhos não existe nenhuma célula epidérmica e de estômatos muito próximos, compartilhando uma só célula anexa, além de estômatos representados por uma só célula estomática, semelhantes aos aqui observados, foram observados em *Gomphrena celosioides* Mart., *Gomphrena holosericea* (Mart.) Moq. e *Gomphrena schlechtendaliana* Mart., por Gavilanes (1999, 1984, 1990). Como não foram realizados estudos ontogenéticos não é possível estabelecer qual a origem e desenvolvimento dessas estruturas anômalas.

Os tipos estomáticos podem ser diferentes entre os grupos de plantas, mas, ocasionalmente vários tipos estomáticos podem aparecer em uma mesma planta dando origem ao polimorfismo estomático; plantas que apresentam polimorfismo estomático são também denominadas de heteroestomáticas (Baranova, 1992), podendo-se classificar a espécie *Byrsonima coccolobifolia* nesta categoria. Diferentes tipos de estômatos na mesma epiderme também foram reportados por Ferreira et al. (2015).

Mesofilo

A secção da lâmina foliar, em sua região mediana, apresenta estrutura dorsiventral (Figura 10 A e B). O parênquima paliçádico é composto de um só estrato de células cilíndricas, alongadas, estreitas, justapostas, aparentemente com poucos espaços intercelulares, quando observado em secção transversal da lâmina foliar (Figura 10 A e B; 5 A). Essa camada celular apresenta em média 58,0 µm de altura, em folhas de cerrado, e de 50,0 µm em folhas de campo rupestre (Tabela 3), o que corresponde a aproximadamente 1/4 da espessura do mesofilo. As células possuem paredes celulares delgadas e apresentam as extremidades arredondadas. As paredes anticlinais possuem muitas pontoações simples. Os cloroplastídeos são pequenos, numerosos e se dispõem como habitualmente, no citoplasma parietal. Meatos são relativamente frequentes nesse tecido. Na figura 11 A observa-se a representação, a partir de desenho, das células do parênquima paliçádico.

Figura 10. *Byrsonima coccolobifolia*. Aspecto da lâmina foliar a partir de corte transversal (Escala: A - 100 μm ; B - 50 μm). (bf: bainha do feixe vascular; eb: extensão de bainha).



Fonte: Autores (2015).

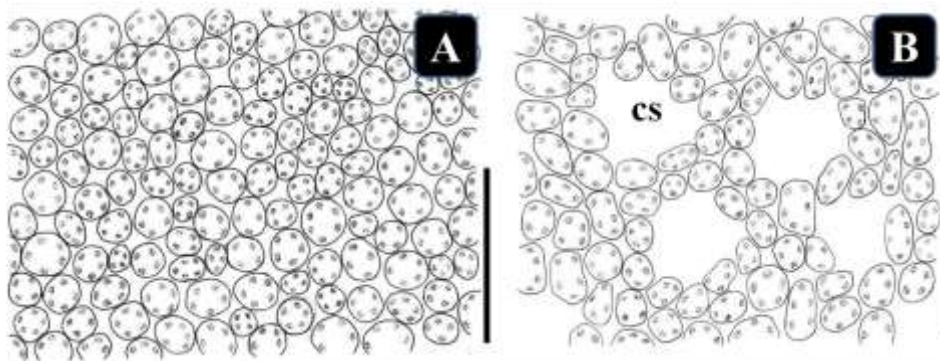
Tabela 3. Modificações na estrutura foliar de *Byrsonima coccolobifolia*, em ambiente de cerrado e campo rupestre.

Características	Cerrado	Campo rupestre
Espessura da epiderme adaxial (μm)	53,86 (\pm 2,89) a	43,54 (\pm 1,92) b
Espessura do parênquima paliçádico (μm)	57,10 (\pm 4,15) a	49,81 (\pm 1,91) b
Espessura do parênquima lacunoso (μm)	163,91 (\pm 11,96) a	139,76 (\pm 2,90) b
Espessura da epiderme abaxial (μm)	26,90 (\pm 3,42) a	22,16 (\pm 1,17) b
Espessura total da lâmina foliar (μm)	321,10 (\pm 6,50) a	278,23 (\pm 6,48) b

As médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott para $p < 0,01$. Entre parênteses está indicado o desvio padrão.

Fonte: Autores (2015).

Figura 11. *Byrsonima coccolobifolia*. Vista frontal, a partir de cortes paradérmicos, do tecido paliçádico (A) e do tecido lacunoso (B) (Escala: A e B - 50 μ m) (cs: câmara subestomática).



Fonte: Autores (2015).

O tecido (parênquima) lacunoso é constituído por 5 - 6 camadas celulares, que apresentam células com dimensões e formas irregulares, paredes finas, com menor número de cloroplastídeos deixando entre si espaços intercelulares de tamanhos variados. Essas camadas celulares apresentam uma espessura de aproximadamente 175,0 μ m em folhas de cerrado e de 141,0 μ m em folhas de campo rupestre (Tabela 3), que apresentam espaços intercelulares de menores dimensões. A primeira camada desse tecido, imediatamente abaixo do tecido paliçádico, é formada por células tendendo ao formato cilíndrico, sendo mais largas e mais curtas que as do paliçádico, mas, deixando entre si espaços intercelulares de maiores dimensões e dependendo da região onde foi realizada a secção, podem ser observadas células de formatos tendendo ao formato irregular a globoso (Figura 5 B; 10 A e B).

A última camada desse tecido, em contato com as paredes periclinais internas das células da epiderme abaxial, apresenta células com características semelhantes a essa primeira descrita, porém as suas células são ainda mais curtas e com um maior número de espaços intercelulares, incluindo as câmaras subestomáticas. Idioblastos cristalíferos, contendo inclusões cristalinas de oxalato de cálcio, principalmente na forma de drusas, e mais raramente de cristais prismáticos, foram observados, principalmente no limite paliçádico-lacunoso.

A figura 11 B representa, em corte paradérmico, as células do parênquima esponjoso, onde estão evidenciados os espaços intercelulares e o formato, periclinal das células, que é totalmente irregular, não apresentando um só padrão; os espaços de maiores dimensões representam as câmaras subestomáticas.

As nervuras de menor porte observadas na região mediana do mesofilo, geralmente em contato com a primeira camada do tecido lacunoso, e dependendo do calibre da nervura entre as células dessa camada, acham-se envolvidas por bainha de feixe constituída por células parenquimáticas, com formato subcircular, incolores, sem espessamentos parietais aparentes ou específicos (Figura 11 A). As nervuras laterais de maior calibre apresentam extensão de bainha, parenquimática, que interconecta a epiderme das faces adaxial e abaxial (Figura 11 B).

Na Tabela 3, observa-se que os todos os parâmetros analisados, em relação aos tecidos da lâmina foliar, apresentam maior espessura nas folhas provenientes do ambiente cerrado.

De acordo com Metcalfe & Chalk (1950), na grande maioria das folhas de Malpighiaceae o parênquima clorofiliano distribui-se como paliçádico na superfície adaxial e lacunoso na abaxial, idioblastos frequentemente com cristais do tipo drusa e monocristais são comuns, o esclerênquima é o tecido mecânico predominante, e pode ou não estar associado ao sistema vascular.

Tecido paliçádico constituído por uma camada de células altas foi citado em *Byrsonima coccolobifolia* por Beiguelman (1962-1963), em material de cerrado e por Bieras (2006), também em material de cerrado. Nesse tecido não foram observadas modificações em materiais de cerrado e campo rupestre, sendo a única alteração a ser considerada a menor altura nas folhas do campo rupestre (Tabela 3).

O tecido lacunoso apresenta espaços intercelulares desenvolvidos, situação semelhante à descrita por Beiguelman (1962-1963) para material de cerrado. A primeira camada do tecido lacunoso, logo abaixo do paliçádico, é constituída por células que se agrupam de duas maneiras: algumas, com formato semelhante a células do paliçádico, porém mais curtas e mais largas, com menor número de cloroplastídeos, e que deixam entre si espaços intercelulares de maiores dimensões, se dispõem em pequenos grupos que se intercalam com outras células de formatos e dimensões variadas. Esta situação é similar àquela descrita por Beiguelman (1962-1963), que afirma: “poder-se-ia considerar esta camada de parênquima, como uma transição entre o paliçádico e o lacunoso”. Essa diferenciação entre os dois tipos de grupos de células só é possível após a observação de inúmeras secções transversais, realizadas em regiões diferentes da lâmina foliar. Mesma estruturação é observada na última camada do paliçádico, logo em contato com a epiderme da face abaxial. Esta situação provavelmente levou a interpretação e classificação do mesofilo de *Byrsonima coccolobifolia* como sendo isobilateral, interpretação realizada por Araújo (2008) e Ferreira et al. (2015).

Nesse tecido não foram observadas modificações em materiais de cerrado e campo rupestre, sendo a única alteração a ser considerada a menor altura nas folhas do campo rupestre (Tabela 3).

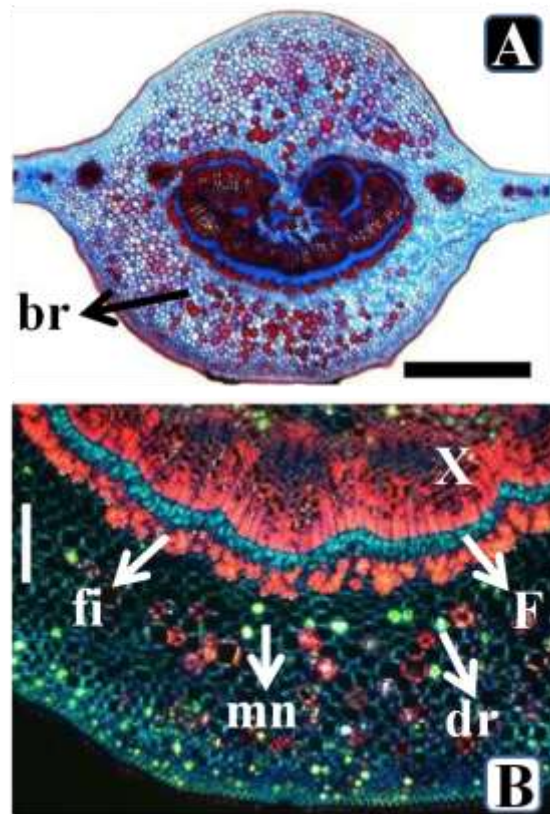
Nervuras

Em secção transversal, a nervura primária (mediana) apresenta secção biconvexa, mais acentuada nas porções basal e mediana (Figura 12 A; 13 B), atenuando-se na região do ápice (Figura 13 A).

A epiderme na face adaxial, em corte transversal, é uniestratificada, apresentando células de contorno irregular (Figura 13 A e B), tendendo ao formato arredondado (Figura 14 A) a alongado radialmente (Figura 14 B), com paredes periclinais espessadas, sendo a externa recoberta por uma cutícula semelhante à observada sobre as células do pecíolo, sendo mais desenvolvida do que a que recobre as células epidérmicas da lâmina foliar. A epiderme na face abaxial é similar a adaxial, diferindo desta apenas pelas dimensões de suas células. Não foram observados estômatos, e nem tricomas (Figuras 13 A e B, 14 A e B).

Internamente à epiderme, localiza-se o colênquima, do tipo angular, em número variável de camadas celulares, de acordo com a altura em que é realizado o corte. A altura do terço mediano da folha, o número de camadas desse tecido é da ordem de 3 – 4 camadas de células na face abaxial e de 4 – 6 camadas na face adaxial. De modo geral, as células desse tecido, que se encontram junto à epiderme possuem menor diâmetro que os das células das camadas internas (Figura 14 A e B).

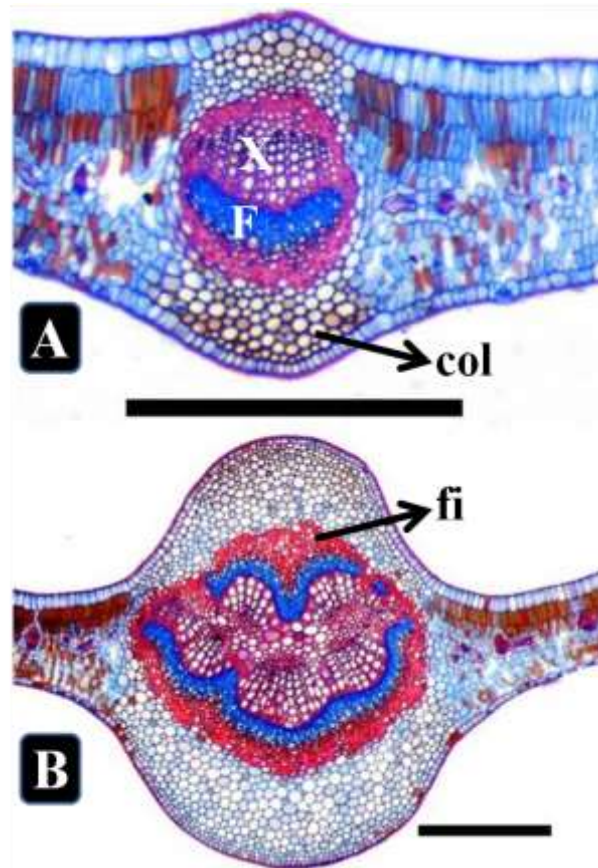
Figura 12. *Byrsonima coccolobifolia*. A - Corte transversal da nervura mediana na sua porção basal; B – Detalhe de parte da nervura mediana, a partir de fotomicrografia em microscópio de polarização (Escala: A - 1000 μ m; B - 200 μ m) (br: braquesclerídeos; fi: fibras; mn: monocristal; dr: drusa; X: Xilema; F: Floema)



Fonte: Autores (2015).

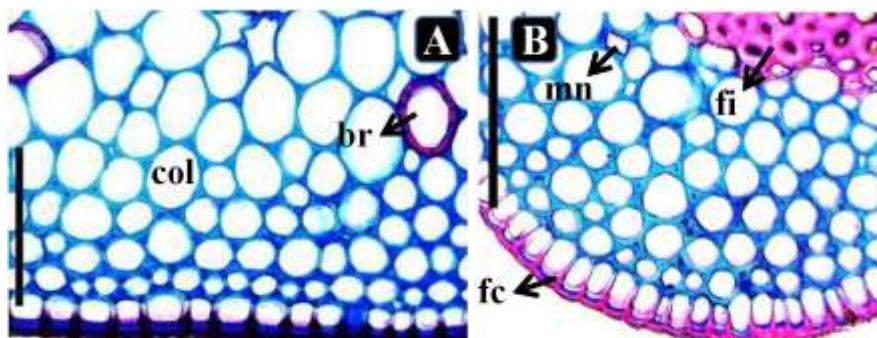
O parênquima fundamental é constituído por células relativamente grandes (Figura 15), com paredes delgadas, pecto-celulósicas, com formas e dimensões variáveis, deixando entre si pequenos meatos. Notam-se, neste tecido, idioblastos cristalíferos, contendo drusas ou cristais isolados cúbicos, de oxalato de cálcio. Nesta região são encontradas, também, braquiesclereídeos, semelhantes aos encontrados no pecíolo, porém em menor quantidade e com paredes lignificadas menos espessadas (Figura 3 A, 14 A, 15).

Figura 13. *Byrsonima coccolobifolia*. Aspectos de cortes transversais da nervura mediana, na região mediana (B) e apical (A) 7 *Byrsonima coccolobifolia*. Corte tranvesversal da nervura mediana na poção mediana (A) e apical (B) fi: fibras; col: colênquima; X: xilema; F: floema (Escala: A e B – 500 µm).



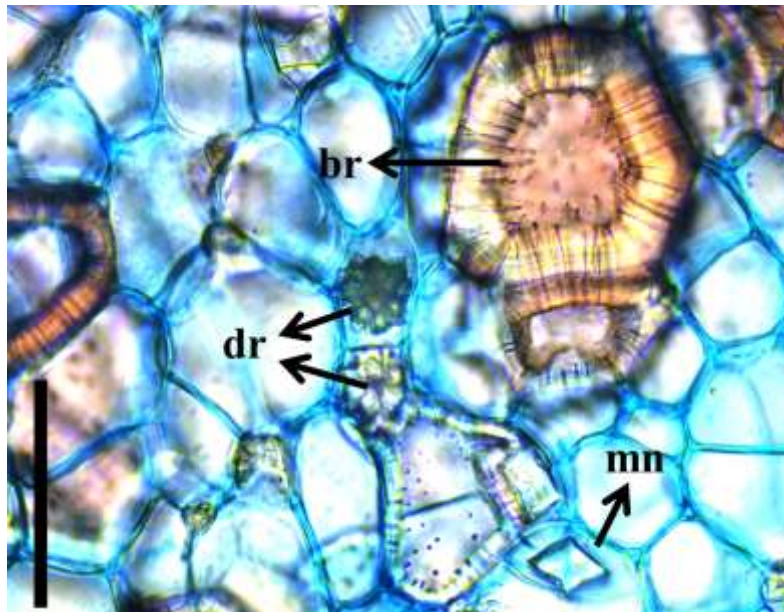
Fonte: Autores (2015).

Figura 14. *Byrsonima coccolobifolia*. Epiderme e colênquima da face abaxial da nervura mediana na porção basal e apical; col: colênquima; br: braquiesclereídeo; fc: flange cuticular; mn: monocristal; fi: fibras (Escala: A e B - 100 µm).



Fonte: Autores (2015).

Figura 15. *Byrsonima coccolobifolia*. Detalhe do parênquima da nervura mediana na sua porção basal, evidenciando braquesclereídeos (br), drusas (dr) e monocristais (mn). (Escala: 100 μ m).



Fonte: Autores (2015).

Os feixes vasculares, do tipo colateral, são constituídos por porções xilemáticas e floemáticas características (Figuras 12 A e B; 13 A e B). Na porção floemática, além das células do parênquima, de secção geralmente maior e arredondada, encontram-se os elementos de tubos crivados e células companheiras. Foram observadas inclusões cristalinas, semelhante às observadas no parênquima clorofiliano e parênquima fundamental do pecíolo e nervuras. A porção xilemática é constituída de elementos de vaso quase todos espiralados, típicos da estrutura primária.

Com frequência surge uma descontinuidade no feixe vascular que decorre, provavelmente, do desvio de direção dos vasos que vão constituir as nervuras secundárias. Uma bainha de esclerênquima (fibras), semelhante, a descrita no pecíolo, acompanha externamente o floema e o xilema (Figura 13 B, 14 B).

A figura 13 B, demonstra que na porção mediana, da nervura primária os feixes vasculares estão dispostos em forma de arco aberto, constituindo dois arcos, um com a concavidade voltada para a face abaxial, e outro com a concavidade voltada para a face adaxial, sendo este último menor. No terço basal da nervura mediana, o arco voltado para a face adaxial apresenta os feixes vasculares formando um arco contínuo, e o voltado para a face adaxial encontra-se interrompido na sua porção média. No terço mediano, os dois arcos

apresentam-se em disposição contínua. Tanto na porção basal, como na porção mediana da nervura, à disposição dos arcos delimitam uma pequena área de parênquima medular. No terço apical da nervura mediana, ocorre somente um feixe vascular.

As nervuras secundárias apresentam-se idênticas à primária no terço apical da folha, notando-se, porém, uma redução dos estratos celulares que as compõem. Nervuras menores seguem frequentemente a direção das secundárias, entre as quais situam-se, nervuras essas classificadas como nervuras inter-secundárias (pseudo-secundárias). As nervuras terciárias são envolvidas por bainha parenquimática, bastante nítida, constituída de grandes células incolores (Figura 10 A); nervuras de menor porte apresentam, além da bainha parenquimática, extensões de bainha em direção a epiderme da face adaxial e abaxial (Figura 10 B).

Araújo et al. (2010) relatam a presença de grupos de floema na região medular em todas as espécies de *Byrsonima* examinadas em áreas de cerrado, exceto em *Byrsonima coccolobifolia*, fato que foi observado no material examinado, tanto o oriundo de cerrado, como o oriundo do campo rupestre. Ferreira et al. (2015) relatam a disposição dos feixes vasculares, colaterais, formando arcos fechados em *Byrsonima coccolobifolia*, *Byrsonima crassifolia* e *Byrsonima verbascifolia*, fato não constatado no material examinado, tanto de cerrado, como de campo rupestre, que apresenta a formação de arcos abertos, concordando com Araújo et al. (2010).

Segundo McNair (1932), Franceschi & Horner (1980) e Lersten & Horner (2006), cristais de oxalato de cálcio ocorrem em mais de 215 famílias de plantas, incluindo gimnospermas e angiospermas. Os cristais de oxalato de cálcio tem sido motivo de investigação, devido à sua importância ecológica, uma vez que a presença de cristais nas plantas é relacionada com o mecanismo de defesa contra a herbivoria (Lucas et al., 2000; Xiang & Chen, 2004) e pela importância fisiológica, pois os cristais regulam o nível de cálcio nos tecidos, e pode representar estratégia de manutenção de nutrientes, como reserva de cálcio ou oxalato para a planta (Volk et al., 2008).

Araújo (2008) e Araújo et al. (2010) observaram drusas e cristais prismáticos em todas as espécies de *Banisteriopsis* (exceto em *Banisteriopsis pubipetala* (A. Juss.) Cuatrec., onde os cristais prismáticos estavam ausentes) e *Byrsonima*, tanto na região do mesófilo como na nervura central. D'Assumpção et al. (1973) relatam a presença de drusas de oxalato de cálcio, em número consideravelmente alto, no pecíolo e ao longo das nervuras. Beiguelman (1962-1963) cita a ocorrência de inclusões cristalinas sob a forma de drusas ou cristais isolados octaédricos ou prismáticos nas nervuras e pecíolo de *Byrsonima coccolobifolia*. Bieras (2006)

relata a presença de cristais em *Byrsonima coccolobifolia* e *Byrsonima intermedia* A. Juss., sem detalhar os tipos e a localização nas diversas estruturas foliares. Ferreira et al. (2015) observaram idioblastos cristalíferos, contendo cristais e drusas no mesofilo de *Byrsonima coccolobifolia*, *Byrsonima crassifolia* e *Byrsonima verbascifolia*.

Não foram observadas diferenças na disposição dos tecidos e nem nas estruturas ao longo dos terços basal, mediano e apical da nervura mediana nos materiais examinados oriundos do ambiente cerrado e do ambiente campo rupestre.

Bordo Foliar

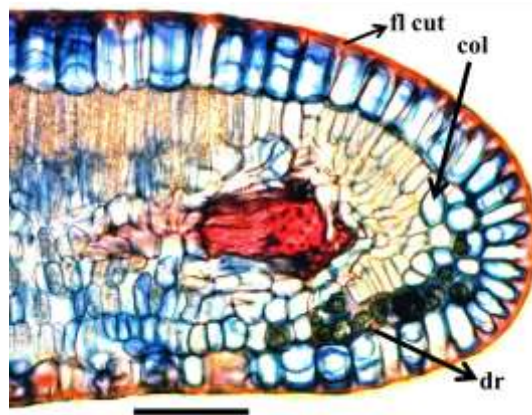
A estrutura em secção transversal é representada na Figura 16. As células epidérmicas apresentam-se diferentes, em formato e, principalmente nas dimensões, das células nas faces adaxial e abaxial. No bordo propriamente dito, as células epidérmicas, tanto as da face adaxial, como as da face abaxial, adquirem formato retangular estreitado, estreitamento causado pela interpolação de flanges cuticulares, na porção apical das células, que aqui se tornam mais acentuadas. Paredes periclinais, externas e internas, e anticlinais apresentam maior espessura, quando comparadas com as das células epidérmicas comuns nas faces adaxial e abaxial (Figura 16). Toda a região do bordo é recoberta por cutícula semelhante àquela que recobre o restante da lâmina foliar, diferindo desta, pela maior espessura e pela formação de flanges cuticulares (Figura 16). Estômatos foram observados somente até próximo à curvatura, na face abaxial.

À medida que se aproximam do bordo, as células do parênquima paliçádico se tornam mais curtas e mais estreitas, devido ao seu posicionamento sobre as células da bainha parenquimática que envolve a nervura que ocorre próximo ao bordo. Estas células, que apresentam morfologia semelhante àquelas do mesofilo, vão se posicionando obliquamente acompanhando a curvatura da lâmina foliar (Figura 16). As células do parênquima lacunoso, reduzido a uma camada no início da curvatura da lâmina foliar, vão sofrendo alteração nos formatos celulares, tendendo ao formato arredondado. Na região do bordo propriamente dito, as células dos parênquimas paliçádico e lacunoso são substituídas por um grupo de células parenquimáticas incolores, sendo a grande maioria destas células transformadas em células com reforços colenquimatosos, e em idioblastos cristalíferos portadores de drusas de oxalato de cálcio (Figura 16). Nesta região raramente foram observados monocristais de oxalato de cálcio.

Reforços esclerenquimáticos foram observados, somente, circundando pequenos feixes vasculares que chegam até próximo à curvatura da lâmina foliar, não alcançando o bordo propriamente dito (Figura 16).

As características observadas no bordo de *Byrsonima coccolobifolia* seguem basicamente aquelas observadas por Beiguelman (1962-1963). A presença de elementos colenquimatosos, aqui observados não foram relatados por aquele autor. É notável o grande número de idioblastos cristalíferos, portadores de drusas de oxalato de cálcio.

Figura 16. *Byrsonima coccolobifolia*. Secção transversal da região do bordo da lâmina foliar (dr – drusa; col – colênquima; fl cut – flange cuticular). (Escala:100 µm)



Fonte: Autores (2015).

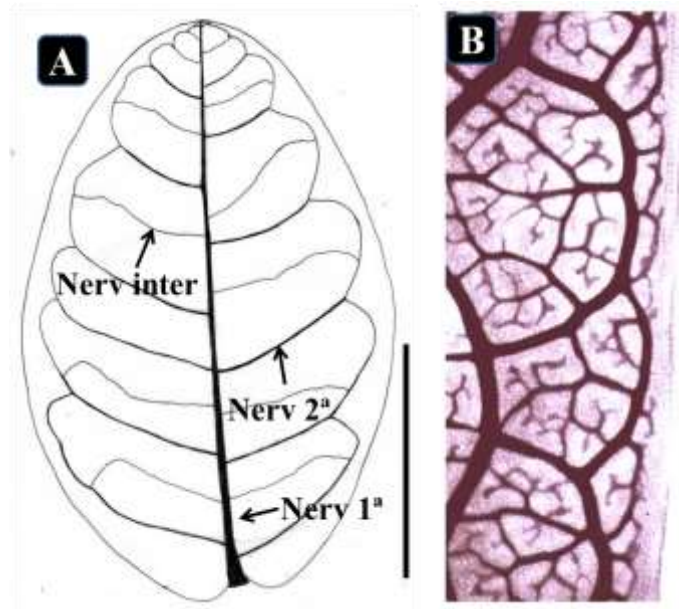
Nervação

Padrão geral (Figura 17 A): pinado, camptódromo, broquidódromo. A nervura mediana (nervura primária) é nítida, mediana, afilando-se em direção ao ápice. Apresenta tamanho maciço, e seu curso é linear, sem ramificações. Nervuras secundárias (Figura 17 A): são alternas e ascendentes, apresentando ângulo de divergência misto; as nervuras da porção basal da folha possuem ângulos mais agudos que os das nervuras da porção mediana, que tendem a ângulos retos; as nervuras da porção apical com ângulos agudos; espessura relativa das nervuras secundárias é classificada como sendo grossa; o curso é levemente curvado em 2/3 a partir da base e curvado abruptamente no ápice; apresentam comportamento das ramificações por alças, unindo-se às secundárias superadjacentes por ângulo predominantemente agudo; presença constante de nervuras intersecundárias (pseudo-secundárias) (Figura 17 A). Nervuras terciárias são visíveis na folha verde; apresentam ângulo de origem predominantemente reto, sendo seu padrão reticulado ao acaso. Nervuras de maior

ordem são distintas mais pela posição que pela espessura, que é quase uniforme; as nervuras quaternárias apresentam espessura fina e curso relativamente ao acaso; a última nervação terminal apresenta estrutura mista, formada por arcos fechados e por areólas incompletamente fechadas, deixando terminações vasculares livres, próximo a borda (Figura 17 B); as nervúculas são simples a diversamente ramificadas (Figura 18 A e B). As areólas (Figura 18 A e B; 17 B) apresentam desenvolvimento incompletamente fechadas, com arranjo ao acaso, formato irregular, e tamanho de médio a grande; são encontradas areólas sem nervúculas (Figura 18 A e B).

O padrão de venação observado, pinado, camptódromo, broquidódromo, tanto para os espécimes do cerrado como os do campo rupestre está de conformidade com aquele relatado por Araújo (2008) em estudos com espécies dos gêneros *Banisteriopsis*, *Byrsonima* e *Heteropteris*, coletados em área de cerrado no município de Paraopeba, em Minas Gerais, e também por Mamede (1993) para espécies do gênero *Camarea* A. St.-Hil., que ocorrem em áreas de cerrado e de campo rupestre. Em *Peixotoa hispidula* A. Juss., Ferreira (1981), descreve esse mesmo padrão de venação, o que confirma a afirmação de Judd et al. (1999) de que uma das características da maioria das espécies de Malpighiaceae é a presença de venação do tipo broquidódromo. Algumas das características citadas por Araújo (2008) para espécies do gênero *Byrsonima*, foram também observadas no material examinado, tais como: nervura primária com curso linear não ramificada, nervuras terciárias reticuladas ao acaso, areólas com forma irregular, com arranjo ao acaso e com desenvolvimento incompletamente fechadas. Essas características ocorreram tanto nos espécimes de cerrado como nos de campo rupestre.

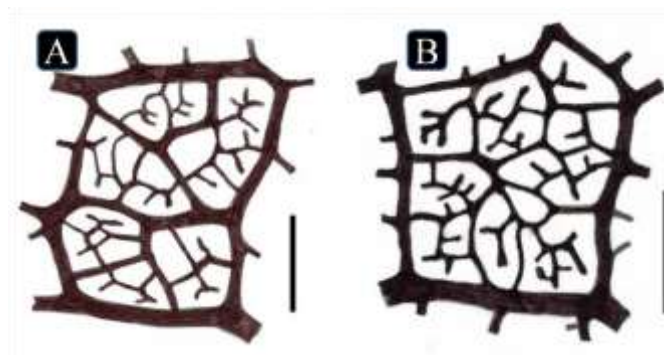
Figura 17. *Byrsonima coccolobifolia*. Aspectos da venação foliar: A – Aspecto do padrão geral da venação; B - Detalhe das nervuras terminais do bordo (Nerv 1ª – Nervura primária; Nerv 2ª – Nervura secundária; Nerv inter – Nervura intersecundária) (Escala: A – 5 cm; B – 200 µm).



Fonte: Autores (2015).

A Figura 18 representa aréolas e terminações de nervuras. A Figura 18 A representa aréolas e terminações de nervuras de folhas provenientes do cerrado. A densidade vascular das folhas oriundas do campo rupestre é maior, o que pode ser observado na Figura 18 B.

Figura 17. *Byrsonima coccolobifolia*. Detalhes das aréolas e nervúculas em folhas diafanizadas (A e B – 500 µm).



Fonte: Autores (2015).

4. Conclusões

Nas folhas de *Byrsonima coccolobifolia* Kunth., características, tais como: epiderme unisseriada, parênquima paliçádico uniestratificado, diversos tipos de cristais de oxalato de cálcio, feixes vasculares colaterais, a distribuição dos tecidos de sustentação (colênquima e esclerênquima), mostram que a organização reflete as características da família Malpighiaceae, citadas por Metcalfe & Chalk (1950).

As maiores médias observadas para as características foliares nas plantas de *Byrsonima coccolobifolia* em ambiente de cerrado podem ser atribuídas a características ambientais menos inóspitas que levaram a formação de folhas maiores e mais funcionais em comparação com o campo rupestre. Além das características mais funcionais como maior espessura do mesofilo e maior densidade estomática, a maior área foliar de *Byrsonima coccolobifolia* em ambiente de cerrado pode levar a uma maior fotossíntese que pode possibilitar um maior crescimento e porte das plantas em ambiente de cerrado comparado ao campo rupestre.

Referências

- Al Faz, N., Marron, N., Celeumar, R. (2006). Clonal variation in stomatal characteristics related to biomass production of 12 Poplas (*Populus*) clones in a short rotation coppice culture. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 279-286.
- Alves, R. J. V., Silva, N. G., Oliveira, J. A., Medeiros, D. (2014). Circumscribing campo rupestre – megadiverse Brazilian rocky montane savanas. *Brazilian Journal of Biology*, 74(2), 355-362.
- Araújo, J. S., Azevedo, A. A., Silva, L. C., Meira, R. M. S. A. (2010). Leaf anatomy as an additional taxonomy tool for 16 species of Malpighiaceae found in the Cerrado (Brazil). *Plant Systematic and Evolution*, 286(1-2), 117-131.
- Attala, N. C. (1997). *Fitogeografia e morfoanatomia de Banisteriopsis anisandra e B. gardneriana (Malpighiaceae): estudo comparativo*. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade de Brasília, Brasília.

Attala, N. C. (2004). *Morfoanatomia da lâmina foliar, estrutura e histoquímica das glândulas foliares e calicinais em espécies de Malpighiaceae de cerrado*. 112 p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

Baranova, M. A. (1992). Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants. *Botanical Review*, 58, 49-99.

Barroso, G. M., Peixoto, A. L., Ichaso, C. L. F., Costa, C. G., Guimarães, E. F., Lima, H. C. de. (1984). *Sistemática de Angiospermas do Brasil*. v. 2. Viçosa: Imprensa Universitária UFV. 377 p.

Beiguelman, B. (1962-1963). Considerações sobre a morfologia dos estomas de *Annona coriacea* Mart., *Byrsonima coccolobifolia* Kunth., *Erythroxylum suberosum* St. Hil. e *Ouratea spectabilis* (Mart.) Engl. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, 22(2), 115-124,

Bieras, A. C. (2006). *Morfologia e anatomia foliar de dicotiledôneas arbóreo-arbustivas do cerrado de São Paulo, Brasil*. 64 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Bieras, A. C., Sajo, M. G. (2004). Anatomia foliar de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) do Cerrado do estado de São Paulo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18, 601–612.

Brandão, M. (1993). Plantas medicamentosas de uso popular dos cerrados mineiros. *Daphne*, Belo Horizonte, 3(4), 11-20.

Brandão, M., Ferreira, P. B. D. (1991). Flora apícola do cerrado. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 15(168), 7-14.

Brandão, M., Gavilanes, M. L. (1992). Espécies arbóreas padronizadoras do cerrado mineiros sua distribuição no estado. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 16(173), 5-11.

Bukatsch, F. Bemerkungen zur Doppelförderung Astrablau-Safranin. (1972). *Mikrokosmos*, 61(8), p. 225.

Castro, S. A. B., Casagrande, V. D., Sanches, M. C., Souza, H. C., Ribeiro, S. P. (2007). Anatomia foliar funcional de *Byrsonima variabilis* DC. (Malpighiaceae), nos sistemas de campos rupestres na região de Ouro Preto, MG. (2007). *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, Caxambu, 1-2.

Chambrlain, C. J. (1932). *Methods in plant histology*. 5 ed. Chicago: The University of Chicago Press, 416 p.

Davis, C. C., Anderson, W. R. (2010). A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. *American Journal of Botany* 97(12): 2031–2048.

D'Assumpção, W. R., Pedersoli, J. L., Martins, J. L., Gavilanes, M. L. (1973). Introdução ao estudo anatômico de *Mascagnia rígida* Gr. *Oréades*, Belo Horizonte, 4(6), 13-27.

Fellipe, G. M., Alencastro, F. M. M. R. de. (1966). Contribuição ao estudo da nervação foliar das compostas dos cerrados. I. Tribus: Helenieae, Heliantheae, Inuleae, Mutiseae, e Senecioneae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 38, 125-157.

Ferreira, G. L. (1981). Anatomia foliar de *Peixotoa hispidula* Juss. (Malpighiaceae). *Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, 25, 45-54.

Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analyze sistem. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 35(6), 1039-1042.

Ferreira, C. S., Carmo, W. S., Graciano-Ramos, D., Oliveira, J. M. F., Melo, R. B., Franco, A. C. (2015). Anatomia foliar da lâmina de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. *Acta Amazonica*, 45(4), p. 337-346.

Foster, A. S. (1949). *Practical plant anatomy*. New York: Van Nostrand, 228 p.

Franceschi, V. R., Horner, H. T. (1980). Calcium oxalate crystals in plants. *The Botanical Review*, 46(4), 361–416.

Francino, D. M. T. (2006). *Anatomia foliar de espécies de Chamaecrista Moench. (Leguminosae/Caesalpinioideae) ocorrentes em campo rupestre*. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Gavilanes, M. L. (1984). Anatomia e nervação foliar de *Gomphrena holosericea* (Mart.) Moq. (Amaranthaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 34, Porto Alegre, 1983. *Anais*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Botânica, 599-619.

Gavilanes, M. L., Brandão, M. (1987). Reserva Biológica Municipal do Poço Bonito, Lavras-MG: informações preliminares sobre a vegetação. *Boletim FBCN*, Rio de Janeiro, 22, 66-70.

Gavilanes, M. L. (1990). Anatomia e nervação foliar de *Gomphrena schlechtendaliana* Mart. (Amaranthaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 35, Manaus, 1984, *Anais*. Brasília: IBAMA, 93-116.

Gavilanes, M. L. (1999). Estudo anatômico do eixo vegetativo de plantas daninhas que ocorrem em Minas Gerais. I. Anatomia foliar de *Gomphrena celosioides* Mart. (Amaranthaceae). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 23(4), 882-899.

Gavilanes, M. L., Brandão, M. (1991). Flórula da Reserva Biológica Municipal do Poço Bonito, Lavras, MG. *Daphne*, Belo Horizonte, 1(4), 24-31.

Gavilanes, M. L., Brandão, M., Cardoso, C. (1991). Plantas da formação cerrado com possibilidade de ser empregadas como ornamentais em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 15(168), 21-27.

Gavilanes, M. L., Brandão, M. (1996). Potencialidades dos componentes da flora do Município de Itumirim, MG. *Daphne*, Belo Horizonte, 6(2), 59-74.

Gavilanes, M. L., Brandão, M. (1998). Plantas consideradas medicinais ocorrentes na Reserva Biológica Municipal do Poço Bonito, Município de Lavras, MG. *Daphne*, Belo Horizonte, 8(2), 57-68.

Gavilanes, M. L., Ferreira, M. B. (1974/1976). Malpighiaceae do Distrito Federal. III. Gênero *Pterandra* Juss. *Oréades*, Belo Horizonte, 5(7-9), 17-29.

Jensen, W. A. (1962). *Botanical histochemistry: principles and practice*. San Francisco: W. H. Freeman, 408 p.

Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F. (1999). *Plant systematics: a phylogenetic approach*. Sunderland: Sinauer Associates.

Hickey, L. J. (1973). Classification of the architecture of dicotyledons leaves. *American Journal of Botany*, Ohio, 60(1), 17-33.

Kuvinová, L. (1991). Stomata and mesophyll characteristics of barley leaf as affected by light: stereological analysis. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 42(8), 995-1001.

Lersten, N. R., Horner, H. T. (2006). Crystal macropattern development in *Prunus serotina* (Rosaceae, Prunoideae) leaves. *Annals of Botany*, 97(5), 723-729.

Lucas, P. W., Turner, I. M., Dominy, N. J., Yamashita, N. (2000). Mechanical defenses to herbivory. *Annals of Botany*, 86, 913-920.

Mamede, M. C. H. (1987). Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Malpighiaceae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 9, 157-198.

Mamede, M. C. H. (1993). Anatomia dos órgãos vegetativos de *Camarea* (Malpighiaceae). *Acta Botânica Brasilica*, 7(1), 157-198.

Mamede, M. C. H. (2004). Flora de Grão Mogol, Minas Gerais: Malpighiaceae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 22(2), 291-302.

Mamede, M. C. H. (2015). *Byrsonima* in *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Recuperado de: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8831>.

Mamede, M. C. H., Francener, A. (2015). *Byrsonima* in *Lista de espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Recuperado de: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8827>.

McNair, J. B. (1932). The interrelation between substances in plants: essential oil and resins cyanogen and oxalate. *American Journal of Botany*, 19(3), 255-272.

Melo, M. C., Barbosa, R. I. (2007). *Árvores e arbustos das savanas de Roraima: guia de campo ilustrado*. Boa Vista: PMBV/CONSEMMA.

Metcalf, C. R., Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses*. Oxford: Clarendon Press, 1500 p.

Metcalf, C. R., Chalk, L. *Anatomy of the Dicotyledons*. (1979). I. Systematics anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject. Clarendon Press: Oxford, 275 p.

Nettesheim, F. C., Carvalho, D. C., Fonseca, C. C., Nunes, R. S., Cavalcanti, D. M., Gabriel, M. M., Menezes, L. F. T. (2010). Estrutura e florística do estrato arbóreo no cerrado sensu stricto de Buritis, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, 61(4), 731-747.

Reis, C., Proença, S. L., Sajo, M. G. (2004). Vascularização foliar e anatomia do pecíolo de Melastomataceae do cerrado do Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18, 987-999.

Ribeiro, J. E. L. S., Hopkins, M. J. G.; Vicentini, A., Sothers, C., Costa, M. A. S., Brito, J. M., Souza, M. A. D., Lohmann, L. G., Procopio, L. C. (1999). *Floresta da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. Manaus: INPA.

Santos, J. V. da C., Oliveira, M. de F.V. de., Santos Filho, F. S., Silva, L. N. N. dos. Araújo, J. S. (2020). Value of leaf anatomy for species *Byrsonima*: a difficult genus of Malpighiaceae Juss. *Acta Botanica Brasilica*, 34(3), 570-579.

Soares, M. K. M., Servin, L. F. V., Apezato-da-Glória, B. (1997). Anatomia foliar de *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 40, 738-746.

Solereeder, H. (1908). *Systematic anatomy of the dicotyledons: a handbook for laboratories of pure and applied botany*. Oxford: Clarendon Press, 1182 p.

Souza, V. C., Lorenzi, H. (2012). *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III*. 3 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 769 p.

Volenikova, M., Tichá, I. (2001). Insertion profiles in stomatal density and sizes in *Nicotiana tabacum* L. plantlets. *Biologia Plantarum*, 44(2), 161-165.

Volk, G., Lynch-Holm, V. J., Kostman, T. A., Goos, L. J., Franceschi, V. R. (2008). The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* leaves. *Plant Biology*, Stuttgart, 41, 34-45.

Webb, L. J. (1959). A physiognomic classification of australian rain forest. *Journal of Ecology*, 47, 551-570.

Xiang, H., Chen, J. (2004). Interspecific variation of plant traits associated with resistance to herbivory among four species of *Ficus* (Moraceae). *Annals of Botany*, 94, 377-384.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Manuel Losada Gavilanes – 40%

André Maciel da Siva – 10 %

Mariana Virginia de Freitas Dias – 10%

Júlia Assunção de Oliveira – 10%

Felipe Fogaroli Corrêa – 10%

Luiz Carlos de Almeida Rodrigues – 10%

Vinicius Politi Duarte – 10%