



PROD. TEC. ITV DS - N019/2022
DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2022.19.Silva

RELATÓRIO TÉCNICO ITV DS

**ANATOMIA FOLIAR DE DUAS ESPÉCIES DE IPOMOEA L.
(CONVOLVULACEAE JUSS.): UMA ABORDAGEM
ECOLÓGICA E TAXONÔMICA**

RELATÓRIO FINAL DO PROJETO

Joyce Cristine do Rosário da Silva
Kleber Resende Silva
Aline Oriani
Mauricio Takashi Coutinho Watanabe

Belém / PA

Outubro / 2022

Título: Anatomia foliar de duas espécies de Ipomoea L. (Convolvulaceae Juss.): Uma abordagem ecológica e taxonômica.	
PROD. TEC. ITV DS N019/2022	Revisão
Classificação: () Confidencial () Restrita () Uso Interno (x) Pública	00

Informações Confidenciais - Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

Informações Restritas - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

Informações de Uso Interno - São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço

Informações Públicas - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados

Citar como

SILVA, Joyce Cristine do Rosário da, *et al.* **Anatomia foliar de duas espécies de Ipomoea L. (Convolvulaceae Juss.): Uma abordagem ecológica e taxonômica.** Belém: 2022. (Relatório Técnico N019/2022) DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2022.19.Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586 Silva, Joyce Cristine do Rosário da
 Anatomia foliar de duas espécies de Ipomoea L. (Convolvulaceae Juss.): Uma abordagem ecológica e taxonômica. / Joyce Cristine do Rosário da Silva ... [et al.] - Belém: 2022.
 36 p. : il.

Relatório Técnico (Instituto Tecnológico Vale) – 2022
 PROD.TEC.ITV.DS –N019/2022
 DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2022.19.Silva

1. Reprocessamento do rejeito. 2. Monitoramento on-line.
 3. Valoração de impacto I. Silva, Kleber Resende. II. Oriani, Aline. III. Watanabe, Maurício Takashi Coutinho. IV. Título.

Bibliotecário responsável: Eddie Saraiva / CRB 2 – 058P

RESUMO EXECUTIVO

A variabilidade morfológica da família Convolvulaceae expressa a dificuldade de diferenciação entre as espécies utilizando apenas os caracteres morfológicos. Dessa forma, estudos voltados para anatomia vegetal apresentam-se como ferramentas que auxiliam na busca de características úteis na identificação de espécies e de informações à cerca de estratégias adaptativas. Esse relatório faz parte de uma série de estudos que vêm sendo desenvolvidos com diversas espécies de plantas das cangas da Serra de Carajás, no Pará. Neste estudo, foram avaliados comparativamente a anatomia de folhas de *Ipomoea cavalcantei* D.F.Austin e *Ipomoea marabaensis* D.F.Austin & Secco e analisado o potencial adaptativo de *Ipomoea cavalcantei* ao solo de canga. Os resultados foram obtidos através de técnicas usuais de anatomia vegetal.

RESUMO

Ipomoea L. é o maior gênero de Convolvulaceae, possui importância alimentícia, ornamental e agrícola. Diante da diversidade morfológica existente na família, a distinção entre algumas espécies pode se tornar difícil, como é o caso de *Ipomoea cavalcantei* D.F.Austin e *Ipomoea marabaensis* D.F.Austin & Secco, espécies representativas do ambiente de canga no Brasil. Assim, o presente trabalho teve como objetivo identificar caracteres anatômicos foliares distintivos entre as espécies. Também buscou-se avaliar o potencial adaptativo de *I. cavalcantei*, comparando indivíduos crescidos em solo de área natural de canga (*in situ*) e indivíduos de propagação *ex situ*, em topsoil. As amostras de folhas das espécies estudadas foram coletadas em áreas naturais de canga na Serra dos Carajás e em cultivo no viveiro da Vale SA, em Parauapebas - PA. As análises anatômicas foram realizadas na região mediana do limbo foliar. Anatômicaamente as espécies diferenciam-se pelo tipo de mesofilo (dorsiventral em *I. cavalcantei* e isobilateral em *I. marabaensis*) e pela presença de projeções laterais na face abaxial da nervura central em *I. marabaensis*. Não foram observadas diferenças anatômicas qualitativas entre as amostras de *I. cavalcantei* de ambiente natural e de cultivo. As folhas dos indivíduos em cultivo apresentam menor quantidade de estômatos e tricomas na face abaxial, menor quantidade de canais secretores e maior quantidade de idioblastos cristalíferos no mesofilo; apresentam também células epidérmicas com paredes sinuosas na face abaxial do limbo e cutícula fina na face adaxial, enquanto nas folhas de ambiente natural as células epidérmicas têm paredes mais retas, levemente curvas, e a cutícula é delgada. Assim, o presente estudo mostrou-se importante no auxílio da identificação de espécies de *Ipomoea*, com ênfase nos seguintes caracteres: mesofilo, formato da nervura central, tipo e abundância de estômatos. Características como contorno e espessura de parede das células epidérmicas e número de camadas de parênquima paliádico estão relacionadas com estratégias adaptativas, devido a pressões ambientais impostas por ambiente de canga. Já o estudo de *I. cavalcantei* em condições de cultivo foi essencial na compreensão da adaptação da espécie em ambiente natural, com destaque para variações na espessura da cutícula, quantidade de estômatos, idioblastos com drusas e canais secretores e estrutura do mesofilo.

Palavras-chave: Anatomia Vegetal. Canga. Folhas.

ABSTRACT

Ipomoea L. is the largest genus of Convolvulaceae, with about 700 species and a wide tropical and subtropical distribution. It has food, ornamental and agricultural importance. Due to the morphological diversity in the family, the distinction among some species may become difficult, as is the case of *Ipomoea cavalcantei* D.F.Austin and *Ipomoea marabaensis* D.F.Austin & Secco, representative species of Amazonian ironstone outcrops in Brazil. Thus, the present work aimed to recognize distinctive leaf anatomical characters between these two species. We also evaluate the adaptive potential of *I. cavalcantei*, comparing individuals have grown in soil from natural canga areas (*in situ*) and individuals from *ex situ* propagation, in topsoil. Leaf samples of the species studied were collected in natural areas of canga in Serra dos Carajás and in cultivation in the Vale SA nursery, in Parauapebas - PA. The anatomical analyses were performed on the median region of the leaf lamina, including the margin and central vein. Anatomically, the species are differentiated by the type of mesophyll (dorsiventral in *I. cavalcantei* and isobilateral in *I. marabaensis*) as well the presence of lateral projections on the abaxial side of the central vein in *I. marabaensis*. Qualitative anatomical differences were observed between *I. cavalcantei* samples from natural and cultivated environments. The leaves of the cultivated specimens visually presented fewer stomata and trichomes on the abaxial surface, fewer secretory channels and more crystalliferous idioblasts in the mesophyll; they also presented epidermal cells with sinuous walls on the abaxial surface of the lamina and thin cuticle on the adaxial surface, while in the leaves from natural environment the epidermal cells have straighter walls, slightly curved, and the cuticle is thin. Thus, the present study proved to be important in helping the identification of *Ipomoea* species, with emphasis on the following characters: mesophyll, central vein shape, type and abundance of stomata. And characteristics such as contour and wall thickness of the epidermal cells and number of layers of palisade parenchyma are related to adaptive strategies, due to environmental pressures regarding canga environment. The study of *I. cavalcantei* in cultivation conditions was essential to help understand the adaptation of the species in natural environments, with emphasis on variations in cuticle thickness, number of stomata, idioblasts with drusks and secretory channels and mesophyll structure.

Keywords: Plant Anatomy. Cangas of Carajás. Leaves.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização das áreas de estudo na Floresta Nacional de Carajás.....	28
Figura 2 - Material coletado das espécies <i>Ipomoea cavalcantei</i> e <i>Ipomoea marabaensis</i> em ambiente de ocorrência natural.....	29
Figura 3 - Vista frontais da epiderme foliar das espécies de <i>Ipomoea</i>	32
Figura 4 - Secções transversais da margem do limbo foliar das espécies de <i>Ipomoea</i> estudadas.....	33
Figura 5 - Detalhes da região mediana do limbo de espécies de <i>Ipomoea</i>	34
Figura 6 - Secções transversais da nervura central do limbo das espécies de <i>Ipomoea</i> estudadas.....	35

SUMÁRIO

1 Introdução	12
2 Objetivos	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 Material e Métodos	16
3.1 Coleta do Material Botânico	16
3.2 Estudo Anatômico	17
4 Resultados	18
5 Discussões	24
5.1 Caracteres Foliares com Potencial para Delimitação de Espécies	24
5.2 Estrutura Foliar Revela Convergência Adaptativa	27
5.3 Traços Funcionais Foliares Associados à Condições de Crescimento	30
6 Conclusão	33
Referências	34

1 INTRODUÇÃO

Convolvulaceae Juss. foi descrita por Jussieu (1789) e, desde então, poucas modificações foram realizadas quanto a sua circunscrição (AUSTIN & CAVALCANTI, 1982). Possui 67 gêneros e 1.880 espécies amplamente distribuídas em regiões tropicais e subtropicais (SAHU & GUPTA, 2014). No Brasil, ocorrem 25 gêneros e 422 espécies (SIMÃO-BIANCHINI; FERREIRA; PASTORE, 2015). A família apresenta importância econômica, com uso para diversos fins, sendo bastante popular na alimentação, com destaque para a batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) (JONGBLOED, 2003; KARIM & FAWZI, 2007). Devido à alta diversidade de espécies em alguns gêneros, como *Ipomoea* L. (SILVA et al., 2012), e ao elevado número de endemismos (BARROSO et al., 1986), a família tem sido alvo de estudos morfológicos, anatômicos e filogenéticos (DA SILVA, 2008).

Segundo Carlquist et al. (1961), Convolvulaceae apresenta complexidade morfológica, assim os caracteres anatômicos surgem como uma possível fonte de dados para a resolução de problemas taxonômicos. Apesar da elevada diversidade de espécies, a família conta com poucos trabalhos voltados à anatomia de suas estruturas vegetativas e reprodutivas. Até o presente momento, a maioria dos estudos estão voltados à taxonomia e inventários florísticos, estudos de biologia reprodutiva e palinologia (SANTOS, 2016). Dentre os estudos anatômicos com Convolvulaceae, destacam-se os de Metcalfe & Chalk (1979), que faz uma caracterização anatômica dos órgãos vegetativos para a família. Pode-se citar estudos mais atuais sobre morfoanatomia da folha como subsídio para distinção de espécies, como *Ipomoea maranhensis* D.Santos & Buril e *Ipomoea burchellii* Meins. do cerrado brasileiro (Santos et al., 2020); anatomia foliar de *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br. como subsídio para indústria farmacêutica (MICHELETO, 2006); e morfoanatomia de plântulas como contribuição ao conhecimento do ciclo de vida das espécies de Convolvulaceae (CRUZ et al., 2019).

Ipomoea inclui 159 espécies com ocorrência no Brasil (SIMÃO-BIANCHINI et al., 2020), sendo 63 delas endêmicas do país. Destaca-se pela importância econômica (KISSMANN & GROTH, 1992; LORENZI & SOUZA, 1999), com fins alimentícios, agrícolas, medicinais e ornamentais (SYMPSON e ORGOZALY, 2001). Suas espécies

são caracterizadas por possuírem hábito trepador volúvel, ou lianescente (LIMA & MELO, 2019). Dentre os estudos mais recentes com o gênero, destaca-se o estudo de Wood et al. (2017) que revelou 15 novas espécies de *Ipomoea* para a América do Sul, 13 delas encontradas no Brasil. Outros trabalhos desenvolvidos com espécies do gênero teve como foco em espécies de cangas (um tipo de ambiente de campo ferruginoso bastante peculiar), como o estudo desenvolvido por Rodrigues et al. (2020), que projetou modelos geoestatísticos e implicações de conservação para uma espécie endêmica deste tipo de ambiente, *Ipomoea cavalcantei*, na Amazônia do leste brasileiro. Pode-se citar também Lanes et al. (2018), que avaliaram fatores genéticos para a conservação das espécies, por meio de ferramentas de genômica da paisagem de *Ipomoea* nas cangas amazônicas; e Babiychuck et al. (2019) que estudaram o isolamento reprodutivo entre espécies de *Ipomoea* com flores diversificadas na canga amazônica.

Ipomoea cavalcantei e *Ipomoea marabaensis* D.F. Austin & Secco, duas espécies amazônicas, podem ocorrer simpatricamente em áreas de canga, além de apresentarem semelhanças nas características morfológicas dos órgãos vegetativos, diferindo apenas por características florais (AUSTIN, 1988). A principal característica floral que difere as duas espécies é a coloração das flores, vermelha em *I. cavalcantei* e lilás em *I. marabaensis* (AUSTIN & SECCO, 1988; BABIYCHUK et al., 2017). Porém, a dificuldade taxonômica torna-se evidente quando as plantas não se encontram no estágio reprodutivo. A fim de resolver essa dificuldade taxonômica, são necessários estudos em órgãos vegetativos que subsidiem a distinção entre essas espécies que são consideradas especiais, uma vez que *I. marabaensis* é classificada como rara por Giulietti et al. (2009) e *I. cavalcantei* é endêmica da FLONA de Carajás, sendo também considerada criticamente ameaçada, pertencendo à Lista de Espécies Ameaçadas (CNCFLORA, 2012).

Essas duas espécies são encontradas na região de Carajás, sudeste do Pará, conhecida por deter uma das maiores reservas minerais do planeta. A região apresenta uma vegetação denominada canga, caracterizada por ser do tipo aberta, predominantemente herbácea-arbustiva, associada a afloramentos de rochas ferruginosas (MOTA et al., 2018). A região apresenta também outros tipos de formações vegetais, como as florestas pluviais (CLEEF & SILVA, 1994). Nesse contexto, uma grande área desta vegetação está inserida na FLONA de Carajás, uma unidade de

conservação que possui múltiplos interesses relacionados à conservação ambiental e ao extrativismo vegetal e mineral. Assim, faz-se necessária a correta identificação das espécies da área, buscando a preservação de sua biodiversidade, dada a elevada riqueza de espécies, incluindo espécies consideradas ameaçadas, endêmicas e raras (VIANA et al., 2016).

A FLONA de Carajás tem sido alvo de diversos estudos devido ao valor que representa. A vegetação cresce sob influência de altas concentrações de metais pesados no solo, o qual é pobre em nutrientes e apresenta baixa capacidade de retenção de água, o que seleciona espécies com capacidade adaptativa a essas condições (VIANA et al., 2016). Nesse sentido, a anatomia vegetal torna possível verificar tendências adaptativas das espécies em diferentes condições ambientais (CUTLER et al., 2011). Por exemplo, o estudo de Eduardo et al. (2017), que analisou a anatomia foliar de cinco espécies de Asteraceae, indicou adaptações específicas ao ambiente de campo rupestre ferruginoso.

O estudo de Batista (2016), que analisou a anatomia foliar, nutrição e ecofisiologia de *Vellozia ramosissima* L.B.Sm. (Velloziaceae), também pôde reconhecer a plasticidade morfológica da espécie em áreas de complexo rupestre. O cultivo de espécies nativas em casa de vegetação também é uma alternativa para verificar alterações fenotípicas das espécies, como indicado nos estudos de Silva et al., (2018, 2020) que relataram alterações na arquitetura da roseta, coloração das folhas e morfologia da margem foliar em bromélias de campo rupestre.

Diante do contexto apresentado, a utilização da anatomia como subsídio ao entendimento da biologia das espécies e à taxonomia é efetiva, pois os caracteres anatômicos apresentam valiosa ferramenta que permite investigar as estruturas dos órgãos vegetativos e suas adaptações como respostas a diferentes condições ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Descrever comparativamente a anatomia de folhas de *Ipomoea cavalcantei* e *Ipomoea marabaensis* com enfoque taxonômico e avaliar o potencial adaptativo de *Ipomoea cavalcantei* ao solo de canga.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar os aspectos da anatomia foliar, com finalidade de obter caracteres de valor taxonômico que possam auxiliar na distinção de *I. marabaensis* e *I. cavalcantei*, por meio de comparação direta.
- ✓ Analisar as possíveis modificações anatômicas nas folhas de *I. cavalcantei*, a fim de avaliar seu potencial adaptativo ao solo de canga, comparando indivíduos crescendo em área natural de canga e de propagação *ex situ* em top soil.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 COLETA DO MATERIAL BOTÂNICO

A coleta do material deste estudo foi realizada na Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás) (Figura 1), mais especificamente nos platôs N1 e N2 da Serra Norte, Serra da Bocaina e Serra Sul, onde as espécies ocorrem.

Foram coletadas amostras de folhas de *Ipomoea cavalcantei* e *Ipomoea marabaensis* (Figura 2) em áreas naturais de canga na Serra dos Carajás. Para *I. cavalcantei* também foram realizadas coletas de material de cultivo em ambiente controlado. As amostras oriundas de condições ambientais controladas foram obtidas de mudas germinadas a partir de matrizes resgatadas em ambiente natural, posteriormente beneficiadas e submetidas ao substrato top soil de floresta com mistura de solo vegetal, terra preta e areia lavada. As mudas estavam sob supervisão da Vale SA – Viveiro de Carajás.

Figura 1 – Mapa de localização das áreas de estudo na Serra dos Carajás, limites da Flona Carajás (cinza) e identificação dos principais platôs de canga (preto). **Fonte:** Viana et al., 2016.

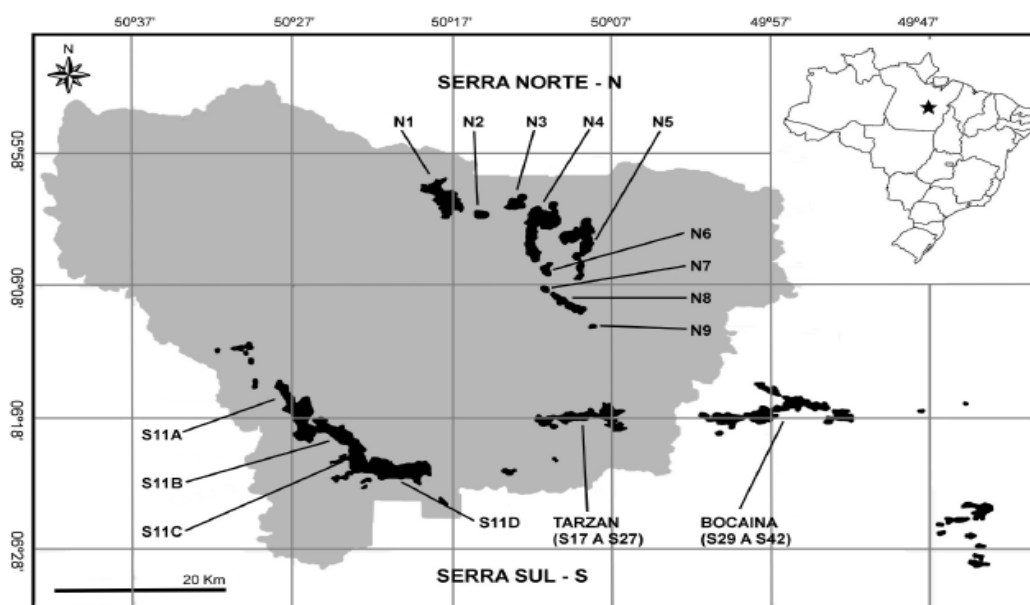


Figura 2 – Material coletado das espécies *Ipomoea cavalcantei* e *Ipomoea marabaensis* em ambiente de ocorrência natural. **Fonte:** Silva, J.



Para *Ipomoea cavalcantei*, foram selecionados dez indivíduos ocorrentes nas cangas, sendo cinco indivíduos provenientes do platô N1 e cinco indivíduos do platô N2, além de 5 indivíduos selecionados em ambiente controlado. Para *I. marabaensis* também foram selecionados cinco indivíduos de ambiente natural de canga na região da Serra da Bocaina e Serra Sul. Foram coletadas folhas maduras dos 4º, 5º e 6º nós as quais foram fixadas em FAA 50 (formaldeído, ácido acético e álcool etílico), por aproximadamente 48 horas (JOHANSEN, 1940), e posteriormente conservadas em etanol 70%.

3.2 ESTUDO ANATÔMICO

As amostras foliares fixadas foram submetidas ao processo de desidratação em série etílica (80%, 90%, 95%, 95%), seguida de inclusão em hidroxietil-metacrilato (Leica HistoResin®), conforme recomendações do fabricante. Posteriormente, secções transversais de 5 µm de espessura foram obtidas com micrótomos rotativos semi-automáticos Leica® RM 2245. As folhas foram seccionadas na região mediana do limbo

foliar, incluindo margem e nervura central. As seções foram coradas com Azul de Toluidina (O'BRIEN et al., 1964) e montadas com Entellan®.

Para dissociação da epiderme, amostras da região mediana do limbo foliar foram submetidas à solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético durante 24 horas (modificado de FRANKLIN, 1945). Posteriormente, o material foi corado com Safranina (modificado de BUKATSCH, 1972) e montado em lâminas com glicerina aquosa a 50% (PURVIS et al., 1964).

As lâminas foram analisadas sob microscopia de luz e as fotomicrografias foram obtidas através da câmera digital (Canon Power Shot A640) acoplada ao microscópio (AxiolabZeiss).

4 RESULTADOS

As folhas das espécies de *Ipomoea* estudadas são anfiestomáticas, com estômatos paracíticos (Figura 3 A-D). Em vista frontal, as paredes das células epidérmicas são sinuosas na face abaxial de *I. cavalcantei* de cultivo (Figura 3A), levemente curvas na face abaxial de *I. cavalcantei* de ambiente natural e *I. marabaensis* (Figura 3B, C) e predominantemente retas na face adaxial (Figura 3D). Há tricomas tectores e glandulares (Figura 3D, E) em ambas as faces do limbo de todas as amostras analisadas. Visualmente foi verificada maior quantidade de estômatos e tricomas glandulares na face abaxial do limbo (Figura 3 A-C), especialmente em *I. cavalcantei* de ambiente natural (Figura 3B) e em *I. marabaensis* (Figura 5C).

Nas duas espécies estudadas e nas duas condições de crescimento (caso de *I. cavalcantei*), o limbo apresenta, em seção transversal, epiderme uniestratificada com células quadrangulares, de paredes delgadas (Figura 4A-C). Essas células possuem lume maior na face adaxial do limbo (Figura 4A-C). Nos casos de *I. cavalcantei* de ambiente natural e *I. marabaensis*, a epiderme da face adaxial é revestida por cutícula que varia de levemente a muito espessada e com ondulações (Figura 5A). Já em *I. cavalcantei* de cultivo a epiderme da face adaxial é revestida por cutícula delgada e lisa (Figura 5B). Em *I. cavalcantei* dos dois ambientes e em *I. marabaensis* a epiderme pode apresentar células armazenando compostos fenólicos;

isso foi evidenciado pela metacromasia do azul de toluidina, que corou de azul-esverdeado o conteúdo de algumas das células epidérmicas (Figura 5A). Os estômatos ocorrem no mesmo nível ou levemente acima das demais células epidérmicas (Figura 5C). Com relação aos tricomas, alguns deles ocorrem em depressões epidérmicas, podendo ser tectores e glandulares (Figura 4A).

O mesofilo é dorsiventral em *I. cavalcantei* de ambiente natural e de cultivo (Figura 4A, B) e isobilateral em *I. marabaensis* (Figura 4C). Nessa última e em *I. cavalcantei* de ambiente natural, o parênquima paliçádico voltado à face adaxial é biestratificado (Figura 4B, C), enquanto que em *I. cavalcantei* de cultivo o parênquima paliçádico varia de uma a duas camadas de células (Figura 4A). O parênquima lacunoso em todas as amostras analisadas é constituído de três a cinco camadas de células. O mesofilo em *I. marabaensis* é mais espesso (Figura 4C), devido à presença de células paliçádicas nas duas faces do limbo. Comparando-se as duas situações de crescimento, o parênquima paliçádico das folhas de *I. cavalcantei* mostra uma mesma proporção (metade da espessura do mesofilo) (Figura 4A, B). Comumente observam-se idioblastos com drusas entre as células do mesofilo (Figura 5C), principalmente nas plantas de cultivo; em *I. marabaensis* esses idioblastos frequentemente ocorrem na face adaxial, entre as células paliçádicas (Figura 4C, seta). Dispersos no mesofilo ocorrem canais secretores (Figura 5D), observados com maior frequência nas folhas de *I. cavalcantei* de ambiente natural. Os feixes vasculares que ocorrem dispersos no mesofilo são colaterais, envoltos por bainha parenquimática (Figura 4A-C), e ocorrem em maior quantidade em *I. marabaensis* (Figura 4C).

A nervura central, em secção transversal, se destaca por ser bastante proeminente na face abaxial, com superfície plana (Figura 6A-C). Na face adaxial uma pequena proeminência pode estar presente (Figura 6A, E); a presença ou ausência dessa característica ocorre em folhas de um mesmo indivíduo. Em todas as folhas de *I. marabaensis*, entretanto, ocorrem duas projeções laterais, na face abaxial (Figura 6C).

A epiderme é uniestratificada com células epidérmicas arredondadas a retangulares na face adaxial (Figura 6E, G) e arredondadas e papilosas na face abaxial (Figura 6H) de todas as amostras estudadas. Estômatos podem ocorrer na região da nervura central, na face adaxial (Figura 6G). Tricomas ocorrem com maior

frequência na face abaxial, principalmente nas plantas de ambiente natural (Figura 6B,C), sendo esparsos nas plantas de cultivo (Figura 6A).

Na região da nervura central, o mesofilo é composto por parênquima e algumas camadas de colênquima logo abaixo da epiderme (Figura 6H). O feixe vascular apresenta formato de arco aberto e é biclateral (Figura 6D). Idioblastos com drusas ocorrem ao redor ou entre as células do sistema vascular (Figura 6F); a presença desses idioblastos parece ser maior nas folhas de *I. cavalcantei* de cultivo. Canais secretores também ocorrem no parênquima, ao redor do feixe vascular central (Figura 6H).

Figura 3 - Vista frontal da epiderme do limbo foliar de espécies *Ipomoea* (A, D e E = *I. cavalcantei* (cultivo); B = *I. cavalcantei* (ambiente natural); C = *I. marabaensis*). A-C. Aspectos gerais da face abaxial. D. Aspecto geral da face adaxial. E. Detalhe mostrando tricoma glandular. Legendas: T = tricoma. Barras: 20 μ m. **Fonte:** Silva, J.

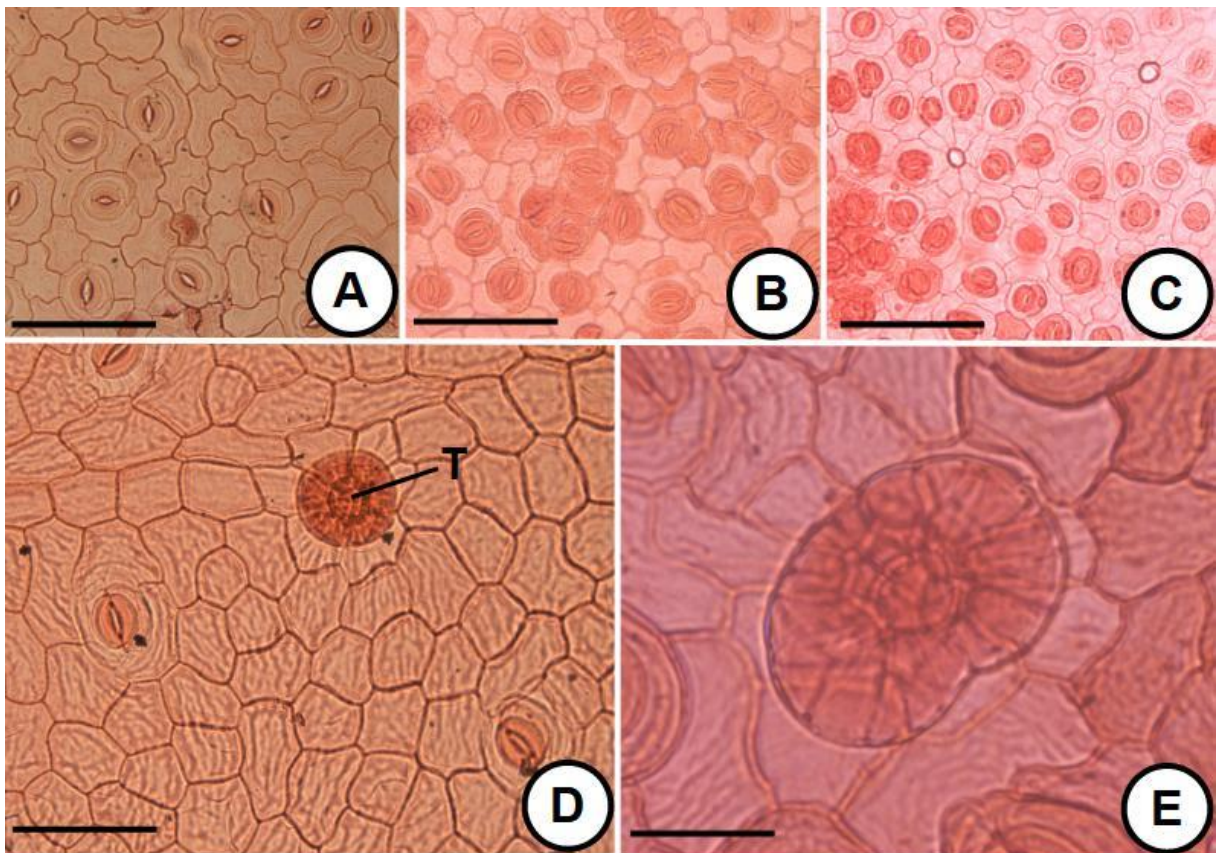


Figura 4- Secções transversais da margem do limbo foliar de espécies de *Ipomoea* (A = *I. cavalcantei* (cultivo); B = *I. cavalcantei* (ambiente natural); C = *I. marabaensis*). Legendas: Es = estômato, FV = feixe vascular, PL = parênquima lacunoso, PP = parênquima paliçádico, T = tricoma glandular, Asterisco = canal secretor, Seta = idioblasto. Barras: 20 µm. **Fonte:** Silva, J.

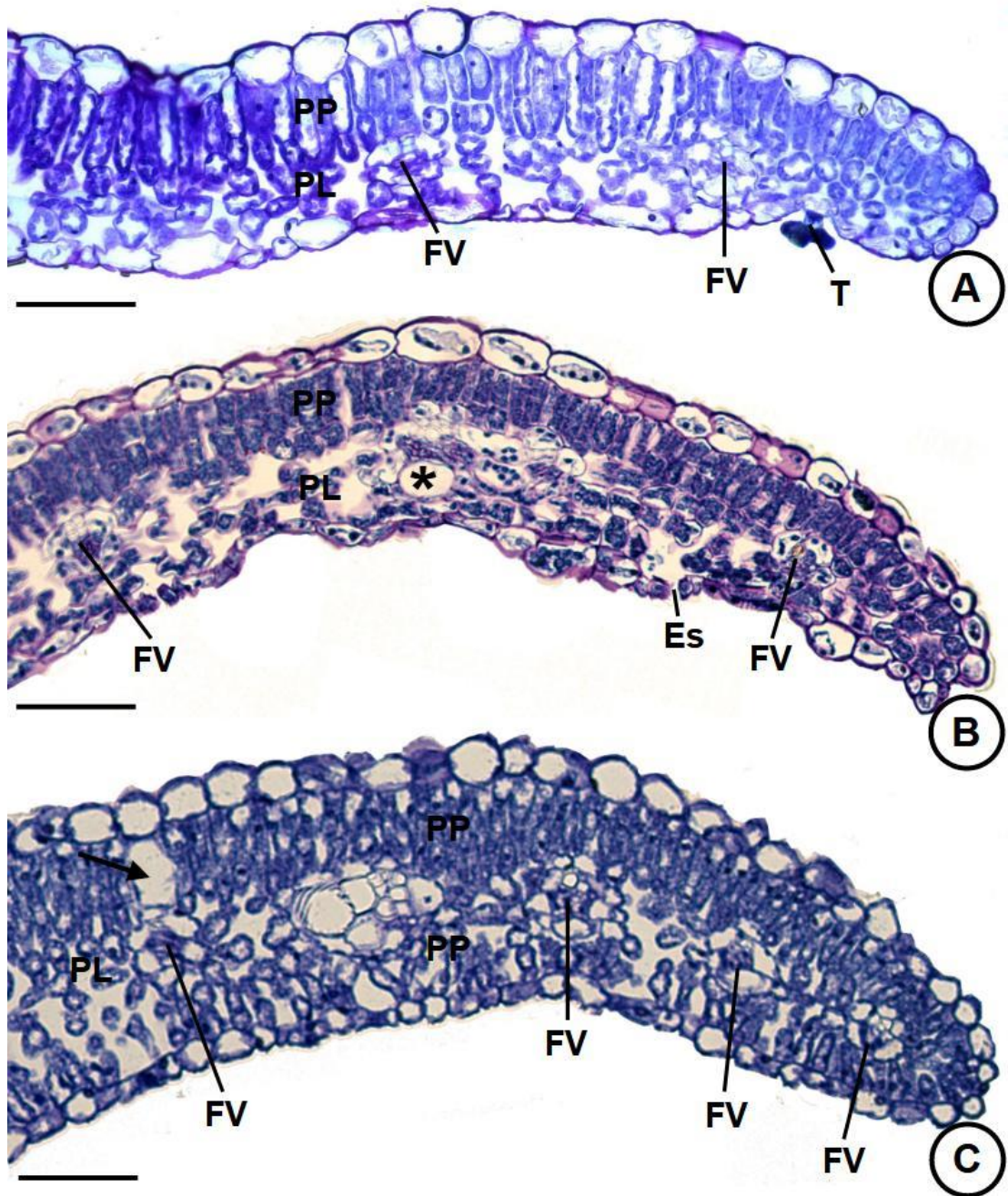


Figura 5- Detalhes da região mediana do limbo de espécies de *Ipomoea* (A = *I. marabaensis*; B, C = *I. cavalcantei* (cultivo); D = *I. cavalcantei* (ambiente natural)). A. Epiderme da face adaxial com cutícula espessa e células epidérmicas com compostos fenólicos. B. Epiderme da face adaxial com cutícula fina. C. Idioblastos com drusa (setas) e Estômato na face abaxial. D. Canal secretor (asterisco). Barras: 20 μ m, 50 μ m. **Fonte:** Silva, J.

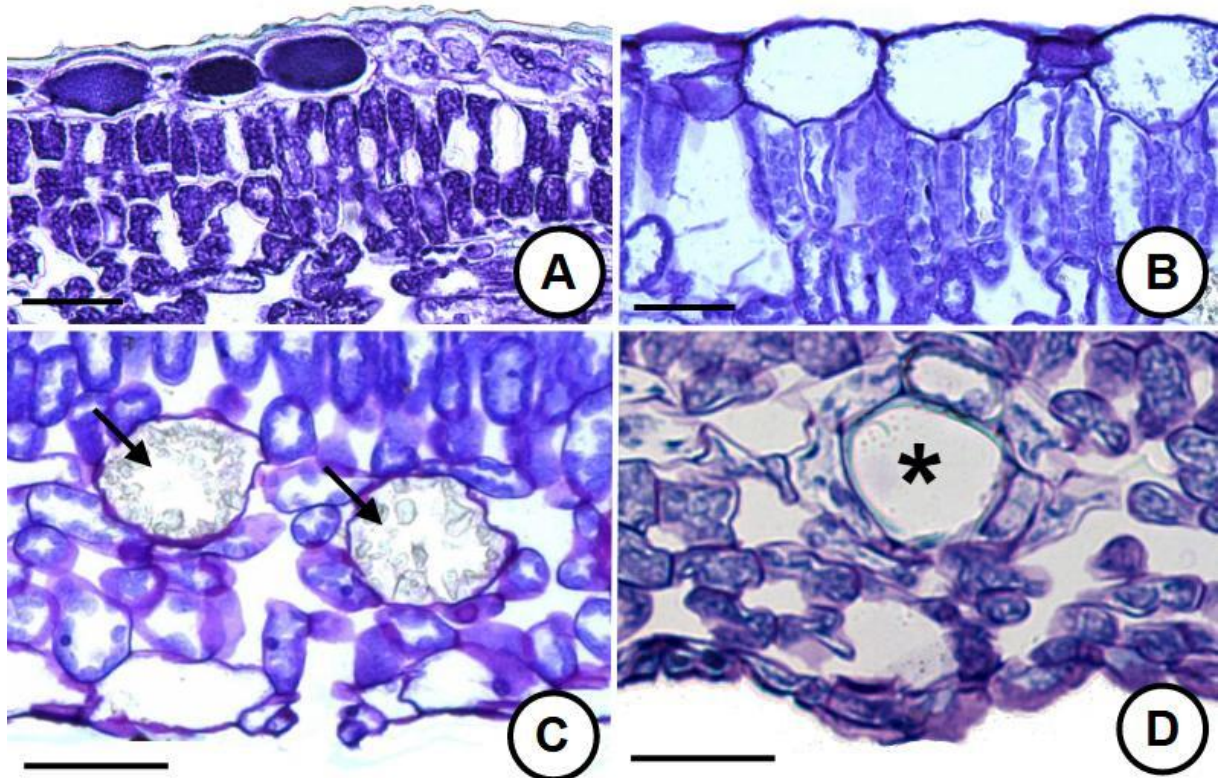
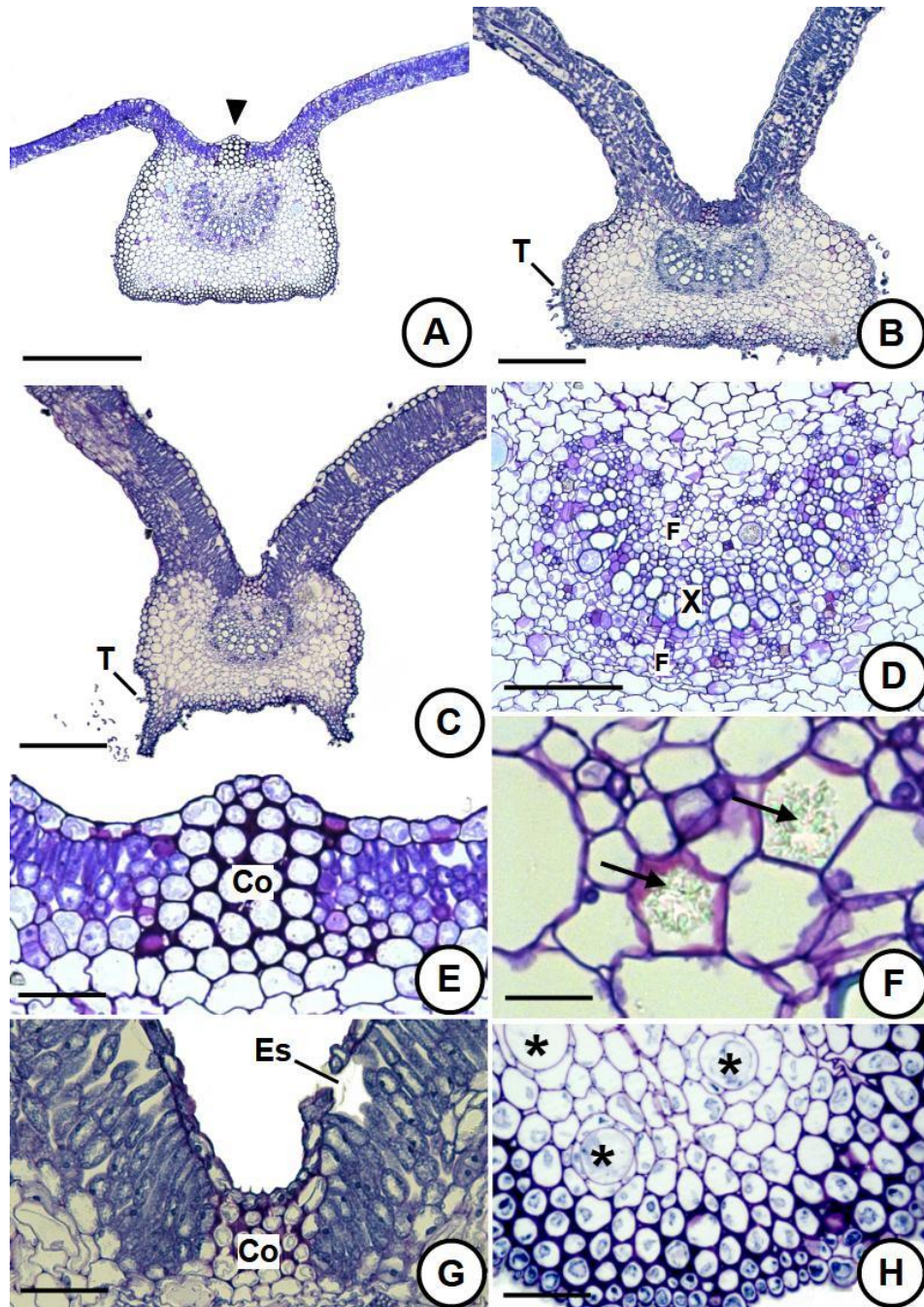


Figura 6- Secções transversais da nervura central do limbo de espécies de *Ipomoea* (A, D, F, G = *I. cavalcantei* (cultivo); B, H = *I. cavalcantei* (ambiente natural); C, E = *I. marabaensis*). A-C. Aspectos gerais. D. Detalhe do feixe vascular central. E. Detalhe da proeminência na face adaxial. F. Idioblastos com drusas (setas) entre células do feixe vascular. G. Detalhe do estômato na face adaxial. H. Detalhe mostrando os canais secretores (asteriscos). Legendas: Co= colênquima, Es = estômato, X = xilema, F = floema. Barras: 10 µm, 20 µm. **Fonte:** Silva, J.



5 DISCUSSÃO

De modo geral, espécies de *Ipomoea* e outros representantes de Convolvulaceae compartilham características anatômicas, tais como epiderme uniestratificada, estômatos paracíticos, presença de tricomas glandulares, sistema vascular com um feixe biclateral em forma de arco aberto na nervura central e presença de idioblastos contendo drusa (METCALFE & CHALK, 1950; FAHN, 1979; MAUSETH, 1988), características que foram observadas nas espécies estudadas. Nossos resultados mostraram que as duas espécies são bastante semelhantes anatomicamente, o que pode ser resultado de fatores genéticos que modulam a estrutura foliar do gênero, bem como por se desenvolverem sob pressões ambientais semelhantes - crescem em solos rochosos e ferruginosos das cangas. Diante disso, cabe destacar a relevância dos caracteres com utilidade para a taxonomia e aqueles que são adaptativos, nesse último caso indicando convergências ou alterações em resposta ao ambiente.

5.1 Caracteres estruturais foliares com potencial para delimitação de espécies

Considerando os caracteres de valor taxonômico, podemos destacar para a distinção das espécies estudadas o tipo de mesofilo (dorsiventral em *I. cavalcantei* x isobilateral em *I. marabaensis*) e a presença (*I. marabaensis*) ou ausência (*I. cavalcantei*) de projeções na face abaxial da nervura central.

O mesofilo dorsiventral, presente em *I. cavalcantei*, é considerado o tipo mais comum em folhas de eudicotiledôneas (MENTINK & BASS, 1992) e também comumente encontrado em outras *Ipomoea*, tais como *I. mauritiana* Jacq. (TAYADE e PATI, 2011), *I. asarifolia* (MARTINS et al., 2012), *I. setosa* (SANTOS, 2016), *I. pes-tigridis* L. (BABU; DHARISHINI; AUSTIN, 2018) e *I. maranhensis* (SANTOS et al., 2020). Por outro lado, o mesofilo isobilateral é menos frequente, observado em poucas espécies, como em *I. marabaensis* aqui estudada, *I. pes-caprae*, *I. imperati* (Vahl) Griseb. (ARRUDA et al., 2009; KUSTER et al., 2016) e *I. burchellii* (SANTOS et al., 2020).

O formato da nervura central das espécies de *Ipomoea* estudadas foi semelhante, com a superfície abaxial plana, destacando-se as projeções em *I. marabaensis*. Tais projeções na face abaxial também foram observadas em *I. maranhensis* (SANTOS et al., 2020). Cabe ressaltar que uma pequena projeção na face adaxial pode estar presente nas folhas de *Ipomoea*, como observado por Kuster et al. (2016) em *I. pes-caprae*.

Santos et al. (2020), descreveram uma projeção adaxial bem evidente na nervura central de *I. maranhensis* e consideram que essa característica pode ser empregada para fins taxonômicos, diferenciando *I. maranhensis* de *I. burchelli*. Nossos dados, entretanto, indicaram que essa característica apresenta variação intraespecífica, não sendo útil para a delimitação das espécies aqui estudadas. Ekeke, Nichodemus e Ogazie (2021), estudando *I. coccinea* L., observaram uma longa projeção na face adaxial da nervura central, que também foi observada no pecíolo, sendo um importante caráter diagnóstico para a taxonomia da espécie. Além do formato plano (TAYADE e PATIL, 2012; SANTOS e NUTRIT-SILVA, 2015), é possível encontrar dentro do gênero outros formatos em que o contorno da nervura central é descrito como triangular, sendo a projeção na face adaxial bem evidente, com a elevação do colênquima (BABU & AUSTIN, 2018).

Ainda sobre a nervura central, outra característica de potencial valor taxonômico para algumas espécies de *Ipomoea* é o formato do feixe vascular. Embora o formato arqueado seja comumente encontrado (METCALFE & CHALK, 1950), como relatado para as espécies aqui estudadas, variações desse formato podem ser utilizadas para a delimitação de espécies. Isso foi feito por Santos et al. (2020) ao descreverem uma nova espécie endêmica do cerrado do Maranhão, *I. maranhensis*, que já foi identificada erroneamente como *I. burchellii* em vários herbários. A análise anatômica revelou que o formato do feixe vascular em forma de “U” em *I. maranhensis* ou em “V” em *I. burchellii* é útil na delimitação dessas espécies.

Em uma análise comparativa, outras características também podem ser discutidas quanto ao potencial taxonômico. Em relação aos anexos epidérmicos, por exemplo, os estômatos do tipo paracítico são característicos de Convolvulaceae (METCALFE & CHALK, 1972; TAYADE & PATIL, 2011). No entanto, a nível de gênero a descrição dos estômatos para *Ipomoea* é considerada conflituosa. Diferentes estudos têm mostrado outros tipos de estômatos. Procopio et al. (2003) relataram estômato anomocítico para *I. cairica*; Martins et al. (2012) descreveram estômatos paracíticos; nos estudos de Essiett e Okono (2014), foram identificados diferentes tipos de estômatos, incluindo os tipos anisocítico, anomocítico, paracítico, laterocítico e diacítico; Obenbe (2015) identificou estômato anomocítico para *I. triloba*. Outra variação ocorreu em *I. leari* Paxton (PORWAL et al, 2015) com estômatos actinocíticos; Bolarinwa et al. (2018) observaram os do tipo estaurocítico em *I. purpurea*; Abba et al. (2018) observaram

complexo estomático exclusivamente do tipo ciclocítico em *I. carnea*; Ekeke et al. (2021) apontaram estômatos paracíticos e anisocíticos para *I. coccinea*. Segundo Dickison (2000), vários grupos taxonômicos podem ser caracterizados pelos tipos de estômatos, entretanto alguns táxons possuem a combinação de dois ou mais tipos; isso parece ocorrer para algumas espécies de *Ipomoea*, que são consideradas heterostomáticas, onde mais de um tipo de estômato está presente, como em *I. aquática*, com estômatos paracíticos e anomocíticos, em *I. cairica*, com estômatos paracíticos, anomocíticos e estaurocítico (NORAINI et al., 2021). Com relação à distribuição, a presença de estômatos nas duas faces do limbo é característica comum para a família (METCALFE e CHALK, 1950; TAYADE e PATIL, 2011; MENTINK & BASS, 1992), porém é possível encontrar espécies hipostomáticas com menor frequência, como em *I. leari* (PORWAL et al., 2015) e *I. longeramosa* Choisy (SANTOS & SILVA, 2018). Assim, estômatos ocorrendo apenas na face abaxial do limbo pode ser considerado um carácter diagnóstico na identificação e separação de espécies de *Ipomoea* L.

Em Convolvulaceae ocorrem tricomas tectores não ramificados, filiformes, em forma de “Y”, “V” e “T” (METCALFE e CHALK, 1950) e estrelados (MOREIRA; SIMÃO-BIANCHINI; CAVALCANTI, 2018) ou ainda tricomas glandulares unicelulares ou pluricelulares (METCALFE e CHALK, 1950; SANTOS, 2016). No geral, para espécies de *Ipomoea* foram observados tricomas tectores unicelulares, curtos ou longos (METCALFE e CHALK, 1950; LEITE, 2001; PORWAL et al., 2015; ABBA et al., 2018; BABU e AUSTIN, 2018; BOLARINWA et al., 2018).

Quanto aos tricomas glandulares, foram relatados para o gênero o tipo peltado em *I. aquatica*, *I. cairica* e *I. pupurea* e capitado *I. batatas* e *I. triloba* (NORAINI et al., 2021). Nos estudos de Santos et al. (2020) os tricomas glandulares foram vistos em conjunto com tricomas tectores em *I. maranhensis* e *I. burchellii*. Nas espécies aqui estudadas também observamos tricomas tectores e glandulares, porém estudos futuros de microscopia eletrônica de varredura serão necessários para sua melhor caracterização e utilização para fins taxonômicos.

Diante do que foi apresentado, nossos dados indicam que as folhas fornecem caracteres úteis para a taxonomia de duas espécies de *Ipomoea* morfologicamente semelhantes, facilitando a identificação em estágio vegetativo. Também comparamos os dados encontrados com estudos sobre outras espécies do gênero e, desta forma, pode-

se apontar caracteres com potencial valor taxonômico a nível específico: tipos de estômatos e tricomas, tipo de mesofilo, contorno da nervura central e variações no formato do feixe vascular.

5.2 Estrutura foliar revela convergência adaptativa

Espécies de *Ipomoea* exibem uma variedade de formas das folhas, incluindo folhas inteiras, como as observadas nesse estudo, ou mesmo lobadas (JONES & KANG, 2015; SIMÃO-BIANCHINI & FERREIRA, 2015); tais variações nas folhas podem ocorrer inclusive numa mesma espécie, como já observado para diferentes cultivares de batata doce (*I. batatas*), que exibe uma grande diversidade morfológica (HUE; BOYCE; SOMASUNDRAM, 2012). Em *I. cavalcantei* e *I. marabaensis* existem variações entre indivíduos da mesma espécie com relação à forma, base e ápice do limbo (AUSTIN, 1981; AUSTIN & SECCO, 1998; SIMÃO-BIANCHINI et al., 2016). Tais variações morfológicas, quando bastante distintas, mesmo em espécies próximas, podem ser moduladas por processos ontogenéticos distintos (LIMA et al., 2022). Porém, pressões ambientais semelhantes podem selecionar aspectos estruturais comuns às espécies que compartilham um mesmo ambiente, como no caso das espécies aqui estudadas, que podem ocorrer simpatricamente nas cangas, crescendo em solos rochosos e ferruginosos e expostos à alta radiação solar (BABYCHUK et al., 2017).

Com relação à epiderme, o contorno das células em vista frontal pode representar uma condição adaptativa. Neste estudo foi observado que a epiderme na face abaxial apresenta variações no contorno das células, sendo as paredes anticlinais mais sinuosas em *I. cavalcantei* (cultivo) e levemente curvas em *I. cavalcantei* (ambiente natural) e em *I. marabaensis*, porém todas com paredes retas na face adaxial. Bolarinwa et al. (2018) descreveram uma maior variação no contorno das células epidérmicas nas duas faces foliares (reto, ondulado, curvo, pouco sinuoso e muito sinuoso) em oito espécies de *Ipomoea*; outros estudos com *Ipomoea* também mostraram diferentes padrões no contorno das células epidérmicas (PROCÓPIO et al., 2003; MONQUEIRO et al., 2004; ARRUDA; VIGILIO; BARROS, 2009). Em um contexto maior, embora o contorno sinuoso seja mais frequente, uma grande variação ocorre nos representantes de Convolvulaceae (METCALFE e CHALCK, 1950). Diante

disso, acreditamos que essas variações respondem a pressões ambientais diferentes, especialmente quanto ao regime hídrico e à luminosidade. Nesse sentido, Fahn e Cutler (1992) discutem que plantas que crescem em ambientes xéricos possuem epiderme composta por células pequenas com paredes celulares anticlinais retas, como uma adaptação às condições de seca, como observamos nas amostras de ambiente natural. Acreditamos que a maior sinuosidade das paredes celulares na face abaxial da lâmina esteja relacionado à maior quantidade de estômatos, sendo que o movimento de abertura e fechamento destes, em relação às oscilações de água no solo e de temperatura, seriam responsáveis por causar sinuosidades mais evidentes. Segundo Scatena e Segecin (2005), as sinuosidades das paredes de células epidérmicas representam adaptações mecânicas, evitando o colapso das células durante o movimento estomático pela entrada e saída de água.

Considerando a distribuição dos estômatos, as folhas anfiestomáticas das espécies estudadas possibilitam que as trocas gasosas sejam realizadas em ambas as faces da folha. Esse processo maximiza a condutância estomática (OLIVEIRA et al., 2007; LIMA et al., 2012) e melhora a capacidade de regulação hídrica (MORRETES, 1969), fazendo com que as plantas aproveitem melhor os períodos de alta umidade relativa, especialmente para aquelas que ocorrem em ambientes xéricos; a menor quantidade de estômatos na face adaxial, entretanto, deve ocorrer devido à maior luminosidade recebida (SILVA, 2014).

A cutícula mais espessa nas folhas das espécies de ambiente natural é um indicativo importante de resistência mecânica contra a desidratação em condições xéricas (MARTINS et al., 2008; PITA et al., 2006). Isso representa uma estratégia adaptativa (SILVA et al., 2006), pois em ambientes como as cangas, com radiação solar direta sobre as folhas, aumenta a possibilidade de perda de água por evapotranspiração (BONATES, 1993; SIMONI et al., 2015).

O maior tamanho das células epidérmicas na face adaxial também pode contribuir como uma barreira mecânica, protegendo os tecidos fotossintéticos. Os compostos fenólicos presentes nas células epidérmicas correspondem a outra resposta adaptativa contra a radiação. Estes compostos estão presentes em plantas xerófitas, reduzindo a passagem de luz nas células e protegendo o mesofilo contra o excesso de radiação solar (BARROS & SOARES, 2013). Ainda, segundo Kaufman et

al. (1998), os compostos fenólicos constituem um importante papel ecológico na defesa contra herbivoria e estão diretamente relacionados à atividade antioxidante. Os compostos antioxidantes são fundamentais para a manutenção do equilíbrio da planta, atuando no sequestro de radicais livres em excesso durante o processo metabólico e na prevenção de doenças relacionadas a estresse oxidativo (MERLIN et al., 2017).

Ainda considerando a epiderme, os tricomas são importantes estruturas na adaptação em ambientes xéricos (Elias et al., 2003), promovendo a redução da transpiração, podendo influenciar indiretamente na economia de água através da regulação da temperatura pela reflexão da radiação solar que chega até as folhas (SALATINO et al., 1986; FAHN, 1986). Sendo assim, essas estruturas podem representar uma adaptação estrutural que favorece a assimilação de CO₂, reduzindo a temperatura foliar em período com elevada temperatura e baixa disponibilidade de água (EHLERINGER e MOONEY, 1987). Cutler (1986), cita que os tricomas glandulares podem ter função de defesa contra insetos e herbívoros. Os tricomas glandulares estão relacionados com secreção de várias substâncias como óleos, néctar, sais, resinas, mucilagem, sucos digestivos e água (GLÓRIA e GUERREIRO, 2003). Kuster et al. (2016) realizaram a caracterização anatômica e histoquímica de estruturas secretoras em folhas de *Ipomoea pes-caprae* e *Ipomoea imperati* e os resultados foram positivos para polissacarídeos, demonstrando secreção mucilaginosa nos tricomas. Martins et al. (2012) também descreveram que os tricomas glandulares do limbo foliar de *I. asarifolia* secretam fluido viscoso, rico em polissacarídeos. Esses autores atribuíram a esses tricomas a função de coléteres, protegendo e lubrificando as estruturas meristemáticas em desenvolvimento.

Com relação ao mesofilo, independentemente do tipo observado (dorsiventral ou isobilateral), o parênquima paliçádico se mostra bem desenvolvido. Em *I. marabaensis*, em particular, o parênquima paliçádico é mais desenvolvido. Nesta espécie, o alongamento das células paliçádicas em combinação com o parênquima paliçádico em ambos os lados do limbo contribui para a maior espessura do mesofilo (LIMA et al., 2022). Essa característica também foi descrita por Ekeke et al. (2021) para *I. coccinea* e pode indicar resposta do mesofilo ao ambiente, pois plantas expostas ao sol apresentam células do parênquima paliçádico mais alongadas (DARDENGO et al., 2017).

A estrutura da nervura central nas espécies estudadas é bem desenvolvida e apresenta um único feixe em forma de arco aberto, sendo um padrão para espécies de Convolvulaceae (MARTINS et al., 2012). Tais características podem estar associadas a lâminas foliares maiores (LIMA et al., 2022; SILVA et al., 2018). Assim, a estrutura da nervura central, como observada nas espécies estudadas, poderia garantir sustentação do limbo, especialmente sob condições ambientais estressantes como ventos e ataques de herbívoros, que podem ser mais frequentes em áreas abertas, como nas cangas.

Os canais secretores encontrados nas folhas de *Ipomoea* possuem metabólitos secundários que formam o látex, um fluido com composição química variável e complexa, que pode conter açúcares, taninos, alcalóides e cristais de proteínas (KUSTER et al., 2016). Isso caracteriza essas estruturas como canais laticíferos, também relatados para outras espécies do gênero (SILVA, 2004; KUSTER, 2010; MARTINS et al., 2012; KUSTER et al., 2016) e recorrentes para Convolvulaceae, de forma geral (METCALFE e CHALK, 1950). Diferentes estudos relatam a ocorrência desses canais na nervura central e mesofilo das folhas, podendo estar associados ao floema ou aos feixes vasculares (SOLEREDER, 1908; METCALFE e CHALK, 1950; Kuster, 2010; HERNÁNDEZ et al., 2019). Devido à complexidade química do látex, seu uso pelas plantas pode estar relacionado a diferentes estratégias. Kuster et al. (2016) discutem que o látex pode estar envolvido na manutenção hídrica, transporte de oxigênio, além de atuar excretando substâncias. Fahn (1979) já atribuiu papel ecológico a essa substância, apontando que o látex pode ser usado para fechar feridas e proteger as plantas contra ataques de herbívoros e microrganismos, o que pode conferir vantagem sobre outras espécies que não possuem essas estruturas. Esses canais são mais numerosos em *I. cavalcantei* sob condições naturais, característica que pode ter sido selecionada devido a uma grande interação com diferentes tipos de herbívoros e insetos visitantes (estudo em andamento).

5.3 Traços funcionais foliares associados às condições de crescimento

As folhas possuem um importante papel adaptativo e funcional para plantas, assim a análise de seus processos de desenvolvimento são fundamentais para entender a adaptação das plantas em diferentes condições ambientais. Visto isso, cabe ressaltar a importância de estudos avaliando plantas em condições de cultivo. Silva et al. (2018;

2020), por exemplo, ao analisar os órgãos vegetativos de espécies de bromélias que formam complexos de espécies indicaram a importância das folhas para a taxonomia, bem como sendo os órgãos com maior plasticidade fenotípica. Nestes estudos, parte dos indivíduos estudados foram cultivados em casa de vegetação, indicando que variações na arquitetura da planta e morfologia e coloração das folhas respondem diretamente a algumas condições ambientais, como a luminosidade. No presente estudo, nós conseguimos identificar traços anatômicos associados às condições de cultivo em que *I. cavalcantei* cresceu; tais variações são interpretadas como respostas à luminosidade e disponibilidade hídrica, que são diferentes das condições naturais de canga. As folhas de *I. cavalcantei* em cultivo apresentaram variações quanto ao contorno das células epidérmicas, espessura da cutícula, quantidade de estômatos, camadas do parênquima paliçádico e abundância de idioblastos com drusas, em comparação aos indivíduos de ambiente natural.

A cutícula espessa presente nas espécies de ambiente natural é uma característica de plantas que crescem em ambientes com temperatura elevada, evitando a transpiração excessiva e a consequente perda de água, além da proteção contra ataques de fitopatógenos (MARTINS et al., 2012). No entanto, as plantas de cultivo, por estarem submetidas a um ambiente controlado, com disponibilidade de água, nutrientes e temperatura controlada, apresentam a cutícula fina (AYOAMA & MAZZONI-VIVEIROS, 2006), corroborando os dados aqui encontrados. A maior quantidade de estômatos foi observada nas plantas de ambiente natural em comparação às plantas de cultivo, indicando que a quantidade e o comportamento estomático respondem aos estímulos ambientais, como luz e umidade. Isso corrobora nossa discussão anterior de que em ambiente de canga a quantidade de estômatos estaria relacionada com a capacidade da espécie em aproveitar os momentos escassos de maior umidade para realizar trocas gasosas, bem como de controlar o fluxo de água via estômatos. Estômatos em maior quantidade e consequentemente mais próximos entre si acabam criando uma camada de umidade sobre o limbo, quando abertos, diminuindo a diferença de potencial hídrico dentro e fora da folha e reduzindo, com isso, a transpiração.

Com relação ao mesofilo, as folhas de *I. cavalcantei* apresentam proporção semelhante entre os parênquimas paliçádico e lacunoso. Contudo, em condições naturais as folhas investem em mais camadas de células, enquanto que em cultivo as

células são mais alongadas. Isso implica em diferentes processos ontogenéticos associados à divisão e expansão celular, os quais devem ser moldados por diferentes condições de luz. O parênquima paliçádico constituído por várias camadas de células é considerado uma característica padrão de resposta e adaptação de plantas em ambientes com alta intensidade luminosa (NERY et al., 2007), pois o formato colunar das células facilita a penetração da luz no parênquima esponjoso e nos espaços intercelulares (SANTOS et al., 2010). As células alongadas observadas nas plantas de cultivo podem facilitar a passagem de energia luminosa no interior das folhas, garantindo maior taxa fotossintética e o melhor aproveitamento da radiação luminosa (KRUPEK e LIMA, 2012).

Os idioblastos com cristais de oxalato de cálcio do tipo drusa estão presentes nas folhas das espécies estudadas, principalmente nas plantas de *I. cavalcantei* de cultivo. A abundância e até o tamanho dessas estruturas podem estar relacionados com a idade do órgão e características químicas do substrato ao qual as plantas estão submetidas (SILVA et al., 2018), o que pode explicar, em parte, as variações encontradas nas folhas de *I. cavalcantei*. Por outro lado, a presença destes cristais em plantas também é útil como suporte estrutural, fornecendo proteção contra herbivoria e participando de processos fisiológicos atuando na manutenção do equilíbrio iônico, armazenando cálcio e oxalato nos idioblastos (MARTINS et al., 2012). Alguns estudos também indicam que a presença destes cristais pode otimizar a distribuição de luz no clorênquima (SILVA et al., 2018; LARCHER e BOEGER, 2006), o que seria uma vantagem para *I. cavalcantei* em condições de cultivo, com menor luminosidade.

Considerando as respostas estruturais dos indivíduos em cultivo e daqueles de ambiente natural, podemos considerar que *I. cavalcantei* consegue se ajustar fisiologicamente a diferentes níveis de luz e umidade. Isso é particularmente importante para a conservação da espécie, que é endêmica e considerada ameaçada. Além disso, é evidente o potencial da mesma para fins ornamentais e, assim, respostas estruturais como essas, que fornecem evidências adaptativas, são relevantes para serem avaliadas durante o manejo e propagação.

6 CONCLUSÃO

Os caracteres anatômicos foram úteis no auxílio da identificação das espécies de *Ipomoea* estudadas, com destaque para o mesofilo, formato da nervura central e tipo e abundância de estômatos. Além disso, outras características como contorno, tamanho e espessura de parede das células epidérmicas, e parênquima paliçádico desenvolvido, estão relacionadas a estratégias adaptativas, que ocorrem devido a pressões ambientais impostas por ambiente de canga e que visam minimizar impactos do estresse hídrico e temperatura elevada. O estudo de *I. cavalcantei* em condições de cultivo foi essencial para auxiliar na compreensão da adaptação de espécies em ambiente natural, tendo como destaque variações na espessura da cutícula, quantidade de estômatos, idioblastos com drusas e canais secretores e estrutura do mesofilo. O conhecimento dessas variações é importante também para tomadas de decisões que envolvam a propagação da espécie.

Considerando o elevado número de espécies no gênero, crescendo em diferentes fitofisionomias, os estudos relacionados à anatomia foliar de *Ipomoea* ainda são escassos. Assim, esse estudo contribui para o conhecimento do gênero e da família, mostrando-se fundamental na indicação de caracteres de valor taxonômico e adaptativos.

REFERÊNCIAS

ABBA, H. M.; ABDULLAHI, A.; YUGUDA, U. A. Leaf epidermal anatomy of *Ipomoea carnea* Jacq sampled from selected areas in Gombe State, Nigeria. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, v. 11, n. 1, p. 148-154, 2018.

AOYAMA, E. M.; MAZZONI-VIVEIROS, S. C. Adaptações estruturais das plantas ao ambiente. **Instituto de Botânica (IBt). São Paulo, Brasil**, 2006.

APG IV (Angiosperm Phylogeny Group). **An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV**. Botanical Journal of the Linnean Society. p. 1-20, 2016.

ARRUDA, R. C. O.; VIGLIO, N. S. F.; BARROS, A. A. M. Anatomia Foliar de Halófitas e Psamófilas Reptantes Ocorrentes na Restinga de Ipitangas, Saquarema, Rio De Janeiro, Brasil. **Rodriguesia**, v. 60, n. 2, p. 333-352, 2009.

AUSTIN, D. F. Novidades nas Convolvulaceae da flora amazônica. **Acta Amazonica**, v. 11, n. 2, p. 291-295, 1981.

AUSTIN, D. F.; CAVALCANTE, P. B. **Convolvulaceas da Amazonia**. Museu Paraense Emilio Goeldi, n.36, p. 1-134, 1982.

AUSTIN, Daniel F.; SECCO, Ricardo de Souza. *Ipomoea marabaensis*, nova Convolvulaceae da Serra dos Carajás (PA). **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica**, v.4, n. 2, 1988.

BABIYCHUK, E. et al. Geography is essential for reproductive isolation between florally diversified morning glory species from Amazon canga savannahs. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-18, 2019.

BABIYCHUK, E. et al. Natural history of the narrow endemics *Ipomoea cavalcantei* and *I. marabaensis* from Amazon Canga savannahs. **Scientific reports**, v.7, n.1, p. 1-15, 2017.

BABU, K.; DHARISHINI, M. P.; AUSTIN, A. Studies on anatomy and phytochemical analysis of *Ipomoea pes-tigridis* L. **Journal of pharmacognosy and phytochemistry**, p. 791-794, 2018.

BARROS, I. O.; SOARES, A. A.. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da caatinga brasileira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 192-198, 2013.

BARROSO, G. M. et al. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, v.3, 1986. Amazon Canga savannahs. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2017.

BATISTA, D. de S. **Vellozia ramosissima: estrutura populacional, anatomia foliar e avaliação nutricional em áreas de Complexos Rupestres, sob diferentes substratos, na Serra do Espinhaço, MG.** Dissertação (Mestre em Ciências Florestais), Diamantina, 2016.

BOLARINWA, K. A.; OYEBANJI, O. O.; OLOWOKUDEJO, J. D. Comparative morphology of leaf epidermis in the genus *Ipomoea* (CONVOLVULACEAE) in southern Nigeria. **Annals of West University of Timișoara**, v. 21, p. 29-46, 2018.

BONATES, L. C. de M. Estudos ecofisiológicos de Orchidaceae da Amazônia. II- Anatomia ecológica foliar de espécies com metabolismo CAM de uma campina da Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 23, p. 315-348, 1993.

BUKATSCH, F.. Bemerkungen zur doppelfärbung astrablau-safranin. **Mikrokosmos**, v. 61, n. 8, p. 255, 1972.

CARLQUIST, S. J. Comparative plant anatomy: a guide to taxonomic and evolutionary application of anatomical data in angiosperms. **New York: Holt, Rinehart and Winston**, p.146, 1961.

CLEEF, A.; SILVA, M. F. F. **Plant communities of the Serra dos Carajás (Pará), Brazil.** Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica, v. 10, n. 2, p. 269-28, 1994.

CRUZ, K. L. da et al. Morfoanatomia de plântulas de monocotiledônea (Poaceae) e eudicotiledônea (CONVOLVULACEAE E FABACEAE). In: **Encontro Internacional de Produção Científica**, 2019.

CUTLER, D. F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. W.. M. **Anatomia Vegetal: uma abordagem aplicada.** Porto Alegre: Editora Artmed, 2011.

DA SILVA, C. V. **O gênero *Evolvulus* L.(Convolvulaceae) no estado de São Paulo e no Distrito Federal, Brasil.** Dissertação (Mestre em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente). Instituto de Botânica, São Paulo, 2008.

DARDENGO, J. de F. E. et al. Análise da influência luminosa nos aspectos anatômicos de folhas de *Theobroma speciosum* Willd ex Spreng.(Malvaceae). **Ciência Florestal**, v. 27, p. 843-851, 2017.

DICKSON, W. C. **Integrative plant anatomy.** San Diego: Academic Press, 2000.
DO CARMO, Flavio Fonseca et al. Effects of fine-scale surface heterogeneity on rock outcrop plant community structure. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, n. 1, p. 50-59, 2016.

EDUARDO, D. F. **Atributos funcionais morfológicos e anatômicos foliares de plantas de campo rupestre ferruginoso respondem abundancia?.** Dissertação (Mestre em Ecologia de Biomas Tropicais). Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, 2017.

EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A. Leaf hairs: effect on physiological activity and adaptative value to a desert shrub. **Oecologia**, v. 37, p.183-200, 1978.

EKEKE, C.; NICHODEMUS, C. O.; CHINEDUM A. OGAZIE. Morphological and anatomical studies on *Ipomoea coccinea* L. (Convolvulaceae): A new record from nigeria. **Asian Journal of research in botany**, p. 1-8, 2021.

ELIAS, S. R. M et al. Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil.(Solanaceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 26, p. 169-174, 2003.

ESSIETT, U. A; OKONO, E. A. Foliar and floral investigations of some *Ipomoea* species. **International Journal of biology, Pharmacy and Allied Sciences IJBPAS**, v.3, p. 326-366, 2014.

FAHN, A. **Secretory Tissues in Plants**. London: Academic Press Inc, 1979.

FAHN, A. Structural and functional properties of trichomes of xeromorphic leaves. **Annals of Botany**, v. 57, p. 631-637, 1986.

FAHN, A.; CUTLER, D. F. **Xerophytes**. Berlim: Bruder Borntraeger,1992.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 3924, p. 51-51, 1945.

GIULIETTI, A. M. et al. Edaphic endemism in the Amazon: vascular plants of the canga of Carajás, Brazil. **The Botanical Review**, v. 85, n. 4, p. 357-383, 2019.

GLORIA, B. A. da; GUERREIRO, S. M. C. Anatomia Vegetal. **Editora Viçosa: UFV**, p-338, 2003.

HERNÁNDEZ, M. et al. Parámetros micrográficos foliares e histoquímica en la identificación de doce especies trepadoras medicinales rioplatenses (Argentina). **Lilloa**, v. 56, n. 1, p. 23-53, 2019.

HUE, S.; BOYCE, A. N.; SOMASUNDRAM, C. Antioxidant activity, phenolic and flavonoid contents in the leaves of different varieties of sweet potato (*ipomoea batatas*). **Australian Journal of Crop Science**, v. 6, n. 3, p. 375-380, 2012.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. McGrawHill Book Co., New York,1940.

JONES, A.; KANG, J. Development of leaf lobing and vein pattern architecture in the Genus *Ipomoea* (morning glory). **International Journal of Plant Sciences**, v. 176, n. 9, p. 820-831, 2015.

JONGBLOED, M. **The comprehensive guide to the wild flowers of the United Arab Emirates**. Environmental Research and Wildlife Development Agency, Abu Dhabi, UAE. v. 12, n. 4, p. 70-86, 2003.

KARIM, F. M.; FAWZI, N. M. **Flora of the United Arab Emirates**. United Arab Emirates University, Al Ain, UAE. v. 24, 2007.

KAUFMAN P. B.; CSEKE, L. J.; DUKE, J. A.; BRIELMANN, H. L. Natural products from plants. **London New York: CRC Press.**, p-632, 1998.

KISSMAN, K. G.; GROTH, D. Plantas infestantes ou nocivas. **BASF Brasileira SA**, São Paulo, v. 3, p. 518-589, 1992.

KRUPEK, R. A.; LIMA, A. G. Variação na estrutura foliar de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg.) sob diferentes condições de luminosidade em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Variation in leaf structure of guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg.). **Ambiência**, v. 8, n. 2, p. 293-305, 2012.

KUSTER, V. C. **Anatomia e aspectos ecológicos de espécies vegetais ocorrentes na restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha (ES)**. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

KUSTER, V. C.; SILVA, L. C.; MEIRA, R. M. S.; AZEVEDO, A. A. Glandular trichomes and laticifers in leaves of *Ipomoea pes-caprae* and *I. imperati* (Convolvulaceae) from coastal Restinga formation: structure and histochemistry. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 39, p. 1117-1125, 2016.

LANES, E. C. et al. Landscape genomic conservation assessment of a narrow-endemic and a widespread morning glory from Amazonian Savannas. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 532, 2018.

LARCHER, L.; BOEGER, M. R. T. Anatomia foliar de *Odontonema strictum* (Nees) O. Kuntze (Acanthaceae). **Biotemas**, v. 19, n. 4, p. 23-31, 2006.

LEITE, K. R. B. **Aspectos micromorfológicos das espécies do gênero *Merremia* Dennst. (Convolvulaceae) nativas no estado da Bahia, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, p. 114, 2001.

LIMA, A. P. DA SILVA; MELO, J. I. M. DE. ***Ipomoea* L.(Convolvulaceae) na mesorregião agreste do Estado da Paraíba, Nordeste brasileiro**. *Hoehnea*, v. 46, n. 1, 2019.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. Plantas Ornamentais do Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. Nova Odessa. **Instituto Plantarum Estudos da Flora**, ed. 2, p. 458-465, 1999.

MARTINS, F. M; LIMA, J. F; MASCARENHAS, A. A. S; MACEDO, T. P. Secretory structures of *Ipomoea asarifolia*: anatomy and histochemistry. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 1, p. 13-20, 2012.

MARTINS, S.; MACHADO, S. R.; ALVES, M. Anatomia e ultra-estrutura foliar de *Cyperus maritimus* Poir.(Cyperaceae): estratégias adaptativas ao ambiente de dunas litorâneas. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 2, p. 493-503, 2008.

MAUSETH, J. D. **Plant Anatomy**. Menlo Park, California: Benjamin/Cummings, 1988.

MENTINK, H.; BAAS, P. Leaf anatomy of the Melastomataceae, Memecylaceae, and Cryptoniaceae. **Blumea**, v. 37, p. 189-225, 1992.

MERLIN, N. et al. Potencial antioxidante e perfil de compostos fenólicos em plantas com indicativo medicinal. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 12, n. 1, p. 94-101, 2017.

METCALFE, C. R, CHALK, L. Anatomy of dicotyledons (Vol. I). **Systematic anatomy of the leaf and stem with a brief history of the subject**. Clarendon Press, Oxford, p. 304, 1979.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, p. 747, 1950.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. Anatomy of the dicotyledons. **Oxford: Clarendon Press**, v.2, p. 1500, 1972.

MICHELETTO, J. S. **Anatomia e constituição química foliar de Ipomoea pes-caprae de restingas do litoral Paulista**. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.

MONQUEIRO, P. A; CHRISTOFFOLETI, P. J; MATAS, J. A; HEREDIA, A. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, v. 22, p. 203-210, 2004.

MORRETES, B. L. Contribuição ao estudo da anatomia de folhas de plantas do cerrado. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP**, v. 24, p. 732, 1969.

MOTA, N. F. O. et al. Amazon canga: the unique vegetation of Carajás revealed by the list of seed plants. **Rodriguésia**, v. 69, n. 3, p. 1435-1488, 2018.

NERY, Fernanda Carlota et al. Aspectos anatômicos de folhas de plantas jovens de *Calophyllum brasiliense* Cambess. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 129-131, 2007.

NORAINI, T. et al. Adaptation and taxonomic value of leaf anatomical characteristics of selected *Ipomoea* L. species. **Journal of Environmental Biology**, v. 42, p. 872-878, 2021.

O' BRIEN, T. P.; FEDER, N.; McCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1964.

OBEMBE, O. A. Systematic value of stomata in some bicarpellatae series – bentham ethooker sensus stricto. **World Journal of Science and Technology Research**, v. 3, No. 1, p.1- 15, 2015.

OLIVEIRA, André Luiz Silva; DE MORAIS, Sandra Ribeiro; FIGUEIREDO, Adda Daniela Lima. Anatomia foliar em plantas adultas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville Mimosaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 321-323, 2007.

PITA, P. B.; MENEZES, N. L. de; PRADO, J. Morfologia externa e interna das folhas vegetativas, esporofilos e esporângios de espécies de *Huperzia* Bernh.(Lycopodiaceae-Pteridophyta) do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, p. 115-131, 2006.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; FERREIRA, E. A. **Anatomia foliar de plantas daninhas do Brasil**. Viçosa: UFV, p.118, 2003.

PROCÓPIO, S. O; FERREIRA, E.A, SILVA, E.A.M; SILVA, A.A; RUFINO, R.J.N; SANTOS, J.B. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. III - *Galinsoga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta daninha**, v. 21, n. 1, p. 1-9, 2003.

PURVIS, Marion Joy et al. **Laboratory techniques in botany**. Butterworths, London, 1964.

RODRIGUES, M. et al. Geostatistical modeling and conservation implications for an endemic *Ipomoea* species in the Eastern Brazilian Amazon. **Journal for Nature Conservation**, 2020.

SAHU, P. K.; GUPTA, S. **Medicinal plants of morning glory: convolvulaceae Juss. of central India (Madhya Pradesh and Chhattishgarh)**. *Biolife*, v. 2, n. 2, p. 463-469, 2014.

SALATINO, A., MONTENEGRO, G.; SALATINO, M. L. F. 1986. Microscopia eletrônica de varredura de superfícies foliares de espécies lenhosas do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p.117-124, 1986.

SANTOS, D. et al. A threatened new species of *Ipomoea* (Convolvulaceae) from the Brazilian Cerrado revealed by morpho-anatomical analysis. **PhytoKeys**, v. 151, p. 93, 2020.

SANTOS, E. A. V. dos et al. **Anatomia e histoquímica das folhas e caule de quatro espécies de *Ipomoea* L.(CONVOLVULACEAE)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, PB, 2016.

SHAHID, M.; RAO, N. K. New Records of three Convolvulaceae Species to the Flora of the United Arab Emirates.

SANTOS, E. A. V.; SILVA, K. Morfo-anatomia dos órgãos vegetativos de *Ipomoea longeramosa* choisy (Convolvulaceae). In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Campina Grande. **Anais III CONAPESC**, Editora Realize, 2018.

SANTOS, E. A. V; NURIT-SILVA. Estudo Anatômico dos Órgãos Vegetativos Aéreos de *Ipomoea triloba* L. (Convolvulaceae). **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 4, n. 3, p. 89- 93, 2015.

SANTOS, Marisa et al. Aspectos estruturais de folhas de indivíduos de *Guapira opposita* (Vell) Reitz (Nyctaginaceae) ocorrentes em Restinga e na Floresta Ombrófila Densa. **Insula Revista de Botânica**, v. 39, p. 59-78, 2010.

SCATENA, Vera Lucia; SEGECIN, Simone. Anatomia foliar de *Tillandsia* L.(Bromeliaceae) dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 28, p. 635-649, 2005.

SILVA, I. V. da et al. Estratégias anatômicas foliares de treze espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB): MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 741-750, 2006.

SILVA, K. R. **Caracteres estruturais foliares e suas implicações na taxonomia de Lavoisiera, Microlicia e Trembleya (Microlicieae, Melastomataceae)**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2014.

SILVA, K. R.; VERSIEUX, L. M.; ORIANI, A. Anatomy of vegetative organs, inflorescence axis and pedicel in the *Neoregelia bahiana* complex (Bromeliaceae): taxonomic and ecological importance. **Nordic Journal of Botany**, v. 36, n. 7, 2018.

SILVA, K. R.; VERSIEUX, L. M.; ORIANI, A. Morphological and Anatomical Variations of Roots, Leaves, Peduncles, and Peduncle Bracts in the *Vriesea oligantha* Complex (Bromeliaceae): Perspectives for Taxonomy. **Systematic Botany**, v. 45, n. 4, p. 779-793, 2020.

SILVA, L. N. da. Aspectos anatômicos e etnofarmacológicos de *Bonamia ferruginea* (Choisy) Hallier f.(Convolvulaceae). Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical) – Universidade do Amazonas, Manaus, 2004.

SILVA, S. O.; CALAÇA, F. J. S.; FIGUEIREDO, A. D. L. Anatomia foliar de *Operculina macrocarpa* L. Urban (Convolvulaceae). **Heringeriana**, v. 6, n. 1, p. 90-92, 2012.

SIMÃO-BIANCHINI, R.; FERREIRA, P. P. A.; PASTORE, M. **Convolvulaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil 2020 em construção**. **Jardim Botânico Rio**

de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/FB93>>. Acessado em: 18 Jul 2022.

SIMÃO-BIANCHINI, R.; FERREIRA, P. P. A.; VASCONCELOS, L. V. ***Ipomoea* in Lista de Espécies da Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico Rio de Janeiro**, 2020. Disponível em: <<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB7021>>. Acessado em: 18 Jul 2022.

SIMÃO-BIANCHINI, R.; VASCONCELOS, L. V.; PASTORE, M.. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: convolvulaceae. **Rodriguésia**, v. 67, n. 5SPE, p. 1301-1318, 2016.

SIMIONI, P. F.; PESSOA, M. J. G.; LAROCCA, D. **ESTRATÉGIAS ANATÔMICAS ADAPTATIVAS DE *Chrysophillum* sp.(Sapotaceae) EM ÁREA DE SAVANA AMAZÔNICA NO MATO GROSSO, BRASIL**, v. 2, n. 1, 2015.

SOLEREDER, H. Anatomia sistemática dos dicotyledons. **Oxford: Clarendon Press**, 1908.

SYMPSON, B. B.; ORGOZALY, M. C. **Economy Botany: Plants in or word. Louis Bangkok Bogota Caracas**. New York, San Francisco, p. 530, 2001.

TAYADE, S.K.; PATIL, D.A. Foliar epidermal investigations in some hitherto unstudied Convolvulaceae-II. **Current Botany**, v. 2, n. 9, p. 26-30, 2011.

VIANA, P. L. et al. **Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study area and methodology**. **Rodriguésia**, v. 67, n. 5SPE, p. 1107-1124, 2016.

WOOD, J. R. I.; MUÑOZ-RODRIGUEZ, P.; DEGEN, R.; SCOTLAND, R. W. New species of *Ipomoea* (Convolvulaceae) from South America. **Phytokeys**, n. 88, p. 1-38, 2017.