

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

SAMARA COLAOTO HERREIRO

Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas  
nativas do estado do Paraná

SAMARA COLAOTO HERREIRO

Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas  
nativas do estado do Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas.

**Orientador:** Profa. Dra. Káthia Socorro Mathias Mourão

Maringá  
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)**

C683a Herreiro, Samara Colaoto  
Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas  
nativas do estado do Paraná / Samara Colaoto  
Herreiro. -- Maringá, 2014.  
63 f. : il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Káthia Socorro Mathias  
Mourão.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Programa de  
Pós-Graduação em Biologia Comparada, 2014.

1. Orchidaceae. 2. Bromeliaceae. 3. Araceae. 4.  
Floresta Ombrófila Mista. 5. Mata Atlântica (PR). I.  
Mourão, Káthia Socorro Mathias, orient. II.  
Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências  
Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia  
Comparada. III. Título.

CDD 21.ed.581.4

ECSL-001860

# FOLHA DE APROVAÇÃO

SAMARA COLAOTO HERREIRO

Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas  
nativas do estado do Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia das Interações Orgânicas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

## COMISSÃO JULGADORA

Profa. Dra. Káthia Socorro Mathias Mourão  
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Profa. Dra. Rosângela Capuano Tardivo  
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profa. Dra. Maria Auxiliadora Milaneze-Gutierrez  
Universidade Estadual de Maringá

Data da defesa: 15 de agosto de 2014.

Local de defesa: Anfiteatro José Maria Margarido, sala 121, Bloco G-80, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade que colocastes em meu caminho.

Ao meu noivo, Luiz Cezar Tessaro, por sempre me apoiar nas minhas escolhas, dar forças para eu nunca desistir dos meus sonhos e me ajudar no que for preciso.

Aos meus pais, Alice Herreiro Colaoto e Maurilho Colaoto por sempre me apoiarem em tudo o que faço e me ajudarem no que for preciso.

Aos meus avós, Nair Bermudes Colaoto e Hélio Colaoto por quererem saber sempre como anda o meu estudo e por me admirarem.

A minha irmã, Ariane Colaoto Herreiro, por sempre me ajudar quando precisei.

A minha sogra, Sônia S. T. Tessaro e a minha cunhada, Josieli T. Mendes por diversas vezes me darem carona até Maringá.

A minha orientadora Káthia M. S. Mourão e a professora Maria Auxiliadora M. Gutierre pelos ensinamentos durante a realização do trabalho. E a Dora, principalmente, pelos ensinamentos durante grande parte de minha graduação.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada que contribuíram com o meu conhecimento e no meu amadurecimento profissional por meio das disciplinas que ministraram.

As secretárias Marcinha e Estelinha do Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada por sempre me atenderem da melhor forma possível. Essas são grandes profissionais e amigas.

Aos técnicos Nelson e Silvia por sempre me ajudarem quando precisei.

Aos colegas de laboratório, Rosimar, Regiane, Fabiana, Luciane, Anderson, Adrielle, Nayara e Luana por sempre me ajudarem quando precisei. E em especial a Rosi e a Regi pelo companheirismo.

Aos colegas no mestrado Paula Gabriela, Paulinho e Taís, pela companhia, a Vanessa e a Sama pela hospedagem na república por várias vezes.

As amigas, Ariana por diversas vezes me hospedar em sua casa, e a Daiane pelas conversas e conselhos.

Enfim, obrigada a todos que citei e aos que não me lembrei de citar, que de certa forma, puderam contribuir para a realização deste trabalho.

## EPÍGRAFE

Embora ninguém possa voltar atrás  
e fazer um novo começo,  
qualquer um pode começar agora  
e fazer um novo fim.

(CHICO XAVIER)

## Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas nativas do estado do Paraná

### RESUMO

O termo epífita designa um grande grupo de plantas que vivem aderidas aos troncos, aos ramos e até mesmo às folhas de espécies denominadas forófitos. A classificação das espécies de hábito epifítico envolve caracteres morfoanatômicos e fisiológicos que as capacitam sobreviver sob condições de intermitência de água. Embora no passado as raízes fossem vistas com a função básica de fixação das plantas ao substrato e absorção de água e nutrientes do solo, contando com organização interna relativamente estável, atualmente tais função estão associadas a adaptações morfológicas e anatômicas. Assim, o presente estudo objetivou descrever e comparar as adaptações anatômicas, características do ambiente epifítico, presentes nas raízes das Orchidaceae *Isochilus linearis*, *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiaris pumila* e *Leptotes bicolor*, das Bromeliaceae *Vriesea flava*, *Aechmea distichantha* e *Billbergia nutans* e da Araceae *Philodendron propinquum*, epífitos nativos da Floresta Ombrófila Mista paranaense. Todas as orquídeas foram consideradas holoepífitas, assim como as bromélias *V. flava* e *B. nutans*, enquanto que *A. distichantha* foi considerada uma epífita facultativa. Por sua vez, *P. propinquum* foi considerada uma hemiepífita primária. As espécies de orquídeas apresentam raízes com velame, exoderme e endoderme bem diferenciadas do parênquima cortical e cilindro vascular poliarco; as bromélias apresentam velame, córtex dividido em parênquima externo, mediano e interno e cilindro vascular também poliarco, enquanto que nas raízes de *P. propinquum* foi evidenciada epiderme uniestratificada, exoderme e endoderme bem diferenciadas do parênquima cortical e cilindro vascular poliarco. As características anatômicas relacionadas com o ambiente epifítico, observadas nas espécies estudadas, foram: velame, exoderme e endoderme espessas, tilossomo, idioblastos traqueoidais, idioblastos contendo ráfides e aerênquima.

**Palavras-chave:** Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae, Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Mista.

## Comparative anatomy of roots from nine native epiphyte of the Paraná State, Brazil

### ABSTRACT

The term epiphyte refers a large group of plants that live attached to the trunk, the branches and even the leaves of species known phorophytes. The classification of species of epiphytic habit involves morphoanatomical and physiological traits that enable them to survive under conditions of intermittent water. Although in the past the roots were seen with the basic function of attachment the plant to the substrate and absorb water and nutrients from the soil, with relatively stable internal organization, recently such function are associated with morphological and anatomical adaptations. Thus, the present study aimed to describe and compare the anatomical adaptations, characteristics of the epiphytic environment, present in the roots of *Isochilus linearis*, *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiaris pumila* and *Leptotes bicolor* (Orchidaceae), *Vriesea flava*, *Aechmea distichantha* and *Billbergia nutans* (Bromeliaceae) and *Philodendron propinquum* (Araceae), native epiphytes from Araucaria Forest of Paraná State, Brazil. All orchids and the bromeliads *V. flava* and *B. nutans* were classified holoepiphytes. The Bromeliaceae *A. distichantha* was classified optional epiphytes and the Araceae, *P. propinquum*, primary hemiepiphytes. The orchids species show roots with velamen, exodermis and endodermis differentiated from cortical parenchyma and polyarc vascular cylinder; bromeliads show velamen, cortex constituted by outer, middle and inner parenchyma and also polyarc vascular cylinder, while in the *P. propinquum* roots was find uniseriate epidermis, exodermis and endodermis clearly distinct from cortical parenchyma and polyarc vascular cylinder. The anatomical features related to the epiphytic habitat observed in the studied species were: velamen, exodermis and endodermis thick, tilosome, tracheoid elements, idioblasts with raphides and aerenchyma.

**Keywords:** Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae, Atlantic Forest, Araucaria Forest.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>09</b>
Introdução .....	10
Revisão Bibliográfica .....	10
2.1 Classificação .....	10
2.2 Distribuição geográfica .....	12
2.3 Taxonomia .....	13
2.4 Importância econômica .....	14
2.5 Importância ecológica .....	15
2.6 Estratégias adaptativas .....	16
2.7 Estudos anatômicos de órgãos vegetativos de espécies epífitas (Orchidaceae, Bromeliaceae e Araceae).....	17
Referências.....	22
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>28</b>
Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas nativas do estado do Paraná.....	28
Referências.....	48
Figuras .....	54
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>58</b>

## **CAPÍTULO 1**

**Epífitas: Classificação, Distribuição Espacial e Geográfica, Taxonomia, Anatomia,  
Importância Econômica e Ecológica e Estratégias Adaptativas, com Ênfase em  
Orchidaceae, Bromeliaceae e Araceae**

## 1. Introdução

O termo epífita (do grego *epi*= sobre ou em cima, e *phyta*=planta) designa um grande grupo de plantas que vivem aderidas ao tronco, ramos e até mesmo nas folhas de espécies denominadas forófitos (do grego *foro*= o que sustenta, suporte, e *phyta*= planta). O epifitismo é a interação comensal entre plantas, na qual, uma espécie dependente se beneficia apenas do substrato proporcionado por uma espécie hospedeira, retirando nutrientes diretamente da umidade atmosférica sem emitir estruturas haustoriais (BENNETT, 1986).

Para Waechter (1992), o epifitismo nas comunidades florestais consiste na manutenção da diversidade biológica e no equilíbrio interativo entre as espécies epifíticas, que proporcionam recursos alimentares, tais como, frutos, néctar, pólen, água e microambientes especializados para a fauna do dossel.

As epífitas dispensam o desenvolvimento de longos caules, estabelecendo-se diretamente sobre o tronco, galhos ou sobre as folhas de árvores para a obtenção de luz, ou seja, utilizam os forófitos em algum estágio de sua vida como suporte, mas não como fonte de nutrientes (MANIA; MONTEIRO, 2010; MADISON, 1977).

As epífitas estão presentes por todo o mundo, porém, a América Tropical possui cerca de seis vezes mais que a África e uma vez e meia a mais que a Ásia e a Oceania juntas (EGGELING, 1947). No Brasil, cerca de 69% das epífitas ocorrem em zonas ecotonais, 60,6% na Floresta Ombrófila Densa, 42,4% nas Formações Edáficas de Primeira Ocupação, 25,5% nas Florestas Estacionais e 22,5% na Floresta Ombrófila Mista (KERSTEN, 2010).

Tendo por base as amplas variações morfoanatômicas e fisiológicas presentes nas epífitas, o presente estudo objetivou reunir informações gerais sobre tais espécies, com ênfase em Orchidaceae, Bromeliaceae e Araceae.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Classificação

A classificação das espécies de hábito epifítico tem por baseos estudos de Benzing (1990) e envolve caracteres morfoanatômicos e fisiológicos. Considerando o tipo de substrato que ocupam, as epífitas são divididas em autotróficas e heterotróficas (parasitas). No primeiro grupo estão as epífitas verdadeiras ou holopífitas, cujo ciclo de vida ocorre inteiramente sobre o forófito, sem qualquer conexão com o solo, como por exemplo, a maioria das orquídeas e bromélias, enquanto que as hemiepífitas incluem as espécies que mantêm contato com o solo

em alguma fase de seu ciclo de vida, como é o caso das espécies de *Phyllodendrum* (Araceae), podendo ser subdivididas em: hemiepífitas primárias, que germinam como epífitas e posteriormente estabelecem contato com o solo e portando raízes constritoras, as quais podem matar a planta suporte por impedir o fluxo de seiva, ou portarem raízes não-constritoras e, portanto, nunca matam o forófito, apenas se beneficiam de seu apoio. As espécies de hemiepífitas secundárias germinam no solo, sobem no forófito e posteriormente perdem a porção basal do sistema radicular, mantendo-se como epífitas verdadeiras. No grupo das epífitas facultativas estão as espécies que podem viver tanto no dossel da floresta quanto no solo. Finalmente, as epífitas acidentais compõem o grupo de plantas que não possuem adaptações especiais para a vida no dossel da floresta, mas sendo levadas até ele por dispersores como pássaros e o vento. No grupo das epífitas heterotróficas estão as espécies com raízes do tipo haustório, com capacidade de usufruir dos nutrientes contidos nos tecidos vasculares da espécie sobre a qual está instalada, o hospedeiro, havendo verdadeira relação de parasitismo.

De acordo com o autor acima, as epífitas são divididas em três grandes grupos: arbóreas, arbustivas, subarbustivas/herbáceas. Este último grupo de plantas subdividido em: tuberosas, rastejantes (lenhosa ou herbácea), com folhas e raízes emaranhadas, ou com folhas rosuladas tendo ou não a capacidade de reter água e resíduos do ambiente, como no caso do tanque formado entre as folhas das bromélias, e por último, as espécies herbárias com raízes que formam “trash-basket”, configurando-se como um local de acúmulo de resíduos da floresta, como ocorre em espécies de *Catasetum*, *Cyrtopodium* e *Dendrobium*.

Por sua vez, em relação às características fisiológicas, Benzing (1990) leva em conta o balanço hídrico entre a planta e seu ambiente, podendo ser classificadas em dois grandes grupos: 1) Poiquilo-hídricas: espécies resistentes a grandes variações de umidade. Em períodos de seca retorcem-se e perdem parte da coloração retomando prontamente a forma com o aumento da umidade; e 2) Homoídricas: nesse grupo estão espécies com diferentes capacidades de resistir à falta de umidade no ambiente, com destaque para as xerófitas, que se diferem das poiquilo-hídricas em dois aspectos principais, seja pela capacidade de manter as folhas somente durante as estação úmida, ou por serem capazes de resistir à dessecação por manterem estoques de água em suas folhas e/ou caules fotossintetizantes.

## 2.2. Distribuição geográfica

Quanto à distribuição geográfica, em valores comparativos, a América Tropical possui cerca de seis vezes mais epífitas que a África e uma vez e meia mais que a Ásia e a Oceania juntas. Além disso, os paleotrópicos possuem uma proporção relativa maior de pteridófitas e orquídeas, apresentando poucas monocotiledôneas não-orquídeas, quando comparados aos neotrópicos (EGGELING, 1947).

Em relação às florestais brasileiras em que foram realizados estudos sobre epífitas vasculares, cerca de 69% ocorrem em zonas ecotonais, 60,6% na Floresta Ombrófila Densa, 42,4% nas Formações Edáficas de Primeira Ocupação, 25,5% nas Florestas Estacionais e 22,5% na Floresta Ombrófila Mista (KERSTEN, 2010).

A maioria das espécies de orquídeas é encontrada nas associações florestais nebulares (DODSON; GILLESPIE, 1967). Segundo Pabst e Dungs (1975), 60% dos gêneros de orquídeas aparecem em uma faixa que abrange a Serra do Mar no Brasil, as Serras da Malásia, da Indonésia e a faixa média dos Andes, caracterizadas por cadeias de montanhas, onde o ar quente e úmido se condensa, formando a neblina.

A América do Sul tropical é a região do mundo mais rica em orquídeas. Nela, as duas regiões de maior concentração são a sudeste, que compreende o leste e sul do Brasil, e a região noroeste, que inclui toda a área dos Andes, da Bolívia até o oeste da Venezuela, mais a América Central e o sul do México (BRIEGER, 1962).

As Bromeliaceae são sempre numerosas nas Florestas Estacionais principalmente em função do grande número de exemplares de *Tillandsia* e nas Ombrófilas Densas e nas Restingas em função do número de espécies de *Vriesea*, assim como pela maior diversidade genérica observada (KERSTEN, 2010). Segundo esse autor, as Araceae destacam-se na Floresta Ombrófila Densa e nas Estacionais, sendo menos expressiva nas demais.

Boelter e Fonseca (2007), por meio de um estudo na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, demonstraram que monoculturas arbóreas de *Araucaria*, *Pinus* e *Eucalyptus*, mesmo com idades avançadas, não contribuem para a conservação das epífitas vasculares, sendo assim, reservas de Florestas com araucária são fundamentais para preservação de grande número de espécies epifíticas. Nesta área de estudo, foram identificadas 62 espécies de epífitos vasculares, pertencentes a 18 famílias. As cinco famílias mais representativas foram Orchidaceae (23 espécies), Polypodiaceae (10 espécies),

Bromeliaceae (8 espécies), Piperaceae (4 espécies) e Aspleniaceae (3 espécies), correspondendo a 77% das espécies.

### 2.3. Taxonomia

As epífitas estão distribuídas nos grandes grupos: Lycophyta, Monilophyta, Gimnospermas e Angiospermas (KERSTEN, 2010), e segundo Gentry e Dodson (1987), o total de espécies pode chegar a 29.000.

Cerca de 10 famílias somam 91% das espécies de plantas de hábito epifítico, sendo que Orchidaceae foi a que obteve maior sucesso em colonizar o dossel, com aproximadamente 70% de representantes epifíticos, seguida por Araceae e Bromeliaceae, ambas com cerca de 50% de suas espécies vivendo acima do solo (KERSTEN, 2010). Na Mata Atlântica brasileira as famílias que mais representam o ambiente epifítico se assemelham ao registrado para o mundo. As 10 principais famílias são responsáveis por 87% da riqueza de epífitas. A maioria, cerca de 65%, é monocotiledônea, destacando-se Orchidaceae, Bromeliaceae e Araceae, seguida das Monilophyta, com 15,4%, com destaque para Polypodiaceae e Dryopteridaceae, Eudicotiledôneas com 13,3%, com destaque para Cactaceae e Gesneriaceae, Magnoliídeas com 4,7%, apenas com Piperaceae como representante, e Lycophyta com 1,6%, representada por Lycopodiaceae e Sellaginellaceae, ambas com apenas um gênero epifítico (KERSTEN, 2010).

Dentre as várias tentativas de classificação das Orchidaceae está aquela proposta por Dressler (1993), tendo por base, principalmente, a morfologia da antera e a estrutura do polinário. De acordo com estudos morfológicos e relacionados com as sequências de nucleotídeos, Orchidaceae era dividida em cinco subfamílias: Apostasioideae, Vanilloideae, Cyripedioideae, Orchidoideae e Epidendroideae (PRIDGEON et al., 2009). Tal família está representada no Brasil por 236 gêneros e 2.460 espécies, com ampla ocorrência nos estados (BARROSet al. 2014).

Por sua vez, Bromeliaceae possui 3.172 espécies distribuídas em 58 gêneros, e no Brasil são citados 44 gêneros e 1.324 espécies (FORZZAet al. 2014), as quais estão divididas em três subfamílias: Pitcairnioideae, Tillandsioideae e Bromelioideae (LUTHER, 2008). Análise cladística das sequências da DNA ndhFde cloroplasto, identificou 8 grandes clados de bromélias (GIVNISH et al. 2007). Segundo Moreira et al. (2006), Pitcairnioideae caracteriza-se pelas flores de ovário súpero, fruto cápsula com sementes geralmente providas de alas ou outros apêndices, e está composta basicamente por plantas terrícolas; enquanto que Tillandsioideae apresenta espécies essencialmente epífitas de ovário

súpero ou raramente semi-ínfero e sementes com tufos de apêndices plumosos nas extremidades, enquanto que Bromelioideae caracteriza-se pelo fruto baga, ovário ínfero e sementes sem apêndices. Os mais detalhados estudos taxonômicos para as bromélias foram realizados por Smith e Downs (1974, 1977, 1979), com revisões de cerca de 2.000 espécies do total aproximado de 3.000 espécies dessa família.

Araceae possui cerca de 105 gêneros e mais de 3.500 espécies, distribuídas principalmente em regiões tropicais, sendo que cerca de 86% possui forma de vida epifítica (CROAT, 1988; RIBEIRO et al., 1999). Para o Brasil são citados 36 gêneros e 477 espécies, distribuídas por todo o território nacional (COELHO et al. 2012).

De acordo com Bogner e Nicolson (1991) as Araceae são divididas em nove subfamílias: Gymnostachydoideae, Pothoideae, Monsteroideae, Calloideae, Lasioideae, Philodendroideae, Colocasioideae, Aroideae e Pistioideae, embora estudos baseados em dados moleculares como o de French et al. (1995) proponham sete subfamílias monofiléticas, Gymnostachydoideae, Orontioideae, Pothoideae, Monsteroideae, Lasioideae, Calloideae e Aroideae. O gênero neotropical *Philodendron* é um dos mais importantes na família, tanto por apresentar mais de 350 espécies formalmente reconhecidas, como por sua importância como planta ornamental, pela beleza de sua folhagem (COELHO, 2000).

#### **2.4. Importância econômica**

As epífitas apresentam grande importância econômica, com destaque para muitas espécies e híbridos de Orchidaceae, que são comercializadas como plantas ornamentais, como as do gênero *Cattleya* e *Oncidium*, enquanto que outras são usadas como plantas medicinais ou de valor alimentício (ARORA; KAPIL, 1989; CARDOSO; ISRAEL, 2005).

A importância econômica da família Bromeliaceae reside no número de espécies referidas como ornamentais, sendo atualmente muito cultivadas e utilizadas em decorações de interior e projetos paisagísticos. Em função da grande procura pelas bromélias de valor ornamental, o extrativismo de seus ambientes naturais tem se intensificado nos últimos anos, colocando algumas espécies com maior grau de ameaça (MOREIRA et al., 2006).

O abacaxi *Ananas comosus* certamente é a bromélia que possui grande aceitação mundial, sendo consumido tanto *in natura* como em diversas formas industrializadas, além de ser utilizado como matéria-prima para fabricação de vários produtos. No entanto, o seu suco apresenta maior destaque em virtude do elevado valor energético, com sua composição significativa em carboidratos, sais minerais (cálcio, potássio, fósforo, sódio, magnésio, cobre, e iodo) e vitaminas (A, C, B1, B2 e niacina), com baixo teor protéico e lipídico (CRESTANI

et al., 2010). Além disso, do ponto de vista biotecnológico, o fruto se destaca por ser uma fonte de bromelina, uma enzima com atividade proteolítica que auxilia no processo de digestão. Por conta disso, essa enzima possui diversos usos nas indústrias alimentícias e farmacêuticas, tais como, amaciamento de carnes, fabricação de queijos, clarificação de cervejas, preparo de alimentos infantis e dietéticos, pré-tratamento de soja, preparo de colágeno hidrolisado, tratamento de distúrbios digestivos, feridas e inflamações (LIMA et al., 2010). Na medicina popular o abacaxi é utilizado para o tratamento de tosse, pneumonia e asma em crianças (COSTA et al., 2010; BRITO; SENNA-VALLE, 2011) e estudos recentes têm comprovado seu efeito terapêutico como hipolipemiante, diminuindo a síntese endógena de triglicerídeos e, também o efeito antioxidante da polpa do fruto, que é amplamente utilizada pela população brasileira (DORNAS et al., 2009; SOUSA et al., 2011).

Nas Araceae, do ponto de vista econômico, destacam-se as espécies utilizadas como ornamentais, principalmente devido à folhagem ou pelas brácteas vistosas (SOUZA; LORENZI, 2008).

Ruiz et al. (2002) citam *Philodendron* como o gênero com grande potencial para obtenção de fármacos, tendo destacado seu amplo uso medicinal pelos seringueiros da Amazônia brasileira, além disso, Milliken e Albert (1999) afirmam que *Philodendron solimoesensis* é utilizada pelos índios ianomâmis, que vivem entre os rios Amazonas (Brasil) e Orinoco (Venezuela), contra picada de cobras.

No entanto, tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott (*C. esculenta* var. *esculenta* e *C. esculenta* var. *antiquorum*), espécie cultivada no Brasil, são usados para fins alimentícios sendo consumidos fritos, cozidos ou assados, pois é necessário calor para decompor as toxinas e cristais irritantes e contêm proteína (1,5-3,0%), cálcio, ferro, fósforo, Vitaminas A, B e C. As folhas cozidas têm o mesmo valor nutricional que as de espinafre e é possível fabricar plástico biodegradável adicionando-se seus grãos de amido ao polímero de petróleo (MAYO, 1999).

## **2.5. Importância ecológica**

O trabalho de Hertel (1950) se destacou como o primeiro sobre ecologia de epífitas vasculares no mundo, onde apresenta as razões da distribuição das epífitas, analisando diversos aspectos dos forófitos desde graus de insolação, inclinação dos galhos, rugosidade e mesmo composição química da casca. É também um dos primeiros trabalhos no Brasil a incluir a palavra “ecologia” no título sendo bastante inovador para a época.

A família Bromeliaceae é importante para a comunidade como um todo, principalmente pela capacidade de armazenar água em seu tanque, o que a torna elemento importante para a ampliação da diversidade deste hábitat. Por esta característica, diversas espécies animais utilizam a água contida no tanque das bromélias para forrageamento, reprodução e refúgio contra predadores (ROCHA et al. 1997). Coelho et al. (2002) observaram as espécies de aves que utilizam o dossel como fonte de recurso, e registraram que *Tangara seledon* e *Euphonia sp.*, e outros Emberezidae utilizam recursos de epífitas, tais como, água do tanque de bromélias e frutos de *Anturium scandens* (Araceae) para alimentação.

A chuva de nutrientes trazida pelas fezes de morcegos e aves constituem ainda aportes horizontais de nutrientes para os epífitos (DISLICH; MANTOVANI, 1998).

Nas Orchidaceae as características reprodutivas estão estreitamente relacionadas aos agentes de polinização. Possuem grande diversidade em estrutura e arranjo das partes da coluna, rostelo e polinária, bem como, da forma, cor e odor do perianto. São adaptadas à polinização por vespas, mariposas, borboletas, moscas e alguns beija-flores; porém, cerca de 60% das espécies de orquídeas são polinizadas por abelhas (INGROUILLE, 1995). Além disso, as orquídeas necessitam se associar, obrigatoriamente, a fungos micorrízicos para que ocorram a germinação e nutrição da semente, sendo esses, de fundamental importância para que a espécie possa completar o seu ciclo de vida (SMITH; READ, 1997; PETERSON et al., 1998; RASMUSSEN, 2002).

## **2.6. Estratégias adaptativas**

As epífitas por estarem expostas a elevados índices de insolação, extremos de temperatura e umidade, além de variações na quantidade de água disponível, para sobreviverem necessitam de adaptações, tanto nos aspectos morfológicos, quanto anatômicos e fisiológicos (KIRA; YODA, 1989).

A maioria das espécies apresenta estruturas minúsculas para dispersão, freqüentemente com epiderme esculpida de modo a otimizar o transporte pelo vento, mas também há a dispersão por ornitocoria, em que a espécie possui frutos indeiscentes e carnosos, ou ainda por síndrome de dispersão que é caracterizada pela presença de sementes aladas ou plumosas, como em muitas espécies de *Tillandsia* (Bromeliaceae) (GENTRY; DODSON, 1987).

Algumas famílias, como Araceae e Orchidaceae, apresentam espécies com velame, rizoderme especializada, que age como uma esponja, saturando-se de água instantaneamente, para que o tecido vivo possa absorvê-la posteriormente. Para aperfeiçoar a absorção, certas

espécies, a exemplo das bromeliáceas, possuem tricomas foliares ou adaptações para captação e retenção de água (BENZING, 1990).

Sob condições ambientais severas, como deficiência hídrica e altas temperaturas, os estômatos freqüentemente se fecham para evitar a desidratação, mas a perda de água pode persistir pela respiração cuticular. Assim, as epífitas possuem cutícula como proteção contra a dessecação (HELBSING et al, 2000).

Segundo Meyer (1940), canais de ar presentes no córtex interno de raízes teriam a função de transportar água por capilaridade. Segecin e Scatena (2004) verificaram canais de ar conspícuos em escapos de *Tillandsiatenuifolia* (Bromeliaceae), e considerando que a espécie é uma epífita atmosférica e cresce sob constante estresse hídrico, essa função poderia ocorrer em qualquer órgão vegetativo que esteja relacionado a essa função, como estratégia de transportar água mais rapidamente.

Dentre os fisiológicos são de grande importância aqueles relativos à fotossíntese. A maioria das espécies de epífitas possui o mecanismo CAM (LÜTTGE, 2004). Cerca de 57% de todas elas, aproximadamente mais de 15.000 espécies, utilizam este mecanismo. Essa via metabólica é a mais capacitada a acomodar espécies na inconstante umidade observada em troncos de árvores (BENZING, 1990). Dependendo da espécie, epífitas são capazes de manter balanço positivo de carbono sem irrigação por dias ou mesmo semanas (ZOTZ; HIETZ, 2001).

## **2.7. Estudos anatômicos de órgãos vegetativos de espécies epífitas (Orchidaceae, Bromeliaceae e Araceae)**

Nas Bromeliaceae a raiz primária se desenvolve pouco, sendo a descrição das características anatômicas baseada em raízes adventícias (SMITH; DOWNS, 1974). Em algumas espécies de Bromeliaceae foi registrada a presença de velame (PITA; MENEZES, 2002; SEGECIN; SCATENA, 2004). LOBO et al., (2008) observaram que as raízes adventícias de *Dyckia brevifolia* e *D. distachya* apresentamepiderme uniestratificada. Já Pita e Menezes (2002) observaram epiderme pluriestratificada, constituindo um velame, em raízes de *Encholirium subsecundum*, *E. heloisae* e *D. macedoi*. Segecin e Scatena (2004) verificaram a presença de velame em raízes adventícias de 11 espécies de *Tillandsia*.

A epiderme pluriestratificada, característica do velame, origina-se de divisões periclinais das iniciais da protoderme, sendo estas relevantes na absorção de nutrientes em raízes aéreas de espécies epífitas de Araceae e Orchidaceae (EAMES; MACDANIELS, 1947; ESAU, 1976; CUTTER, 1978; FAHN, 1978). Oliveira (2011) estudou as raízes aéreas de três

espécies de Araceae: *Heteropsis flexuosa*, *Monstera obliqua* e *Philodendron solimoesense*; na primeira espécie, observaram a periderme formada por várias camadas de células, enfileiradas e originadas do córtex, com presença de lenticelas. Na segunda espécie observaram epiderme unisseriada com apêndices epidérmicos, e na terceira, periderme espessa e composta mais externamente por uma camada de súber.

Silva et al. (2010) estudaram 13 espécies de orquídeas do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, e observaram a presença de velame em todas elas, apenas com número de estratos diferentes. Moraes (2011) estudou 12 espécies de Zygotetinae (Orchidaceae) e também verificou a presença de velame em todas elas, apenas com número de estratos diferentes.

No córtex das Orchidaceae as células parenquimáticas geralmente são fotossinteticamente ativas, podendo apresentar idioblastos, como ráfides ou drusas, e paredes parcialmente espessadas, com muitas vezes, poros (POREMBSKI; BARTHLOTT, 1988).

Nos estudos sobre as raízes de Orchidaceae, o velame e a exoderme têm recebido atenção especial. A maioria das espécies possui velame com ou sem tilossomos, exoderme com células-de-passage, córtex com endoderme de paredes espessadas em “U” (PRIDGEON et al., 1983; PRIDGEON 1987; STERN et al., 2004).

Silva et al. (2010) verificaram que *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum* e *Habenaria janeirensis* apresentam espessamento da parede da exoderme do tipo “O”, e *Pleurothallis teres*, *P. prolifera*, *Cleistis gracilis*, *Habenaria hydrophila* e *H. macronectar* apresentam espessamento da parede da exoderme do tipo “U” invertido, e em ambas, ocorrem células-de-passage. Também, observaram tilossomos, responsáveis pela condensação da umidade atmosférica, antes da sua passagem para as células subjacentes de absorção, em *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Zygotetulum brachypetalum*, *Z. mackayi*, *Prescottia montana*, *Oncidium barbaceniae* e *O. blanchetii*. Na região cortical, observaram na maioria das espécies, células volumosas e arredondadas, com paredes delgadas e arranjo compacto, porém, em *E. secundum* e *E. xanthinum*, estas células possuem projeções sinuosas nas paredes anticlinais e em *Habenaria macronectar* e *H. janeirensis* observaram amplos espaços intercelulares semelhantes a aerênquima. Verificaram a presença de hifas micorrízicas no velame atingindo o córtex através das células-de-passage em *E. secundum*, *E. xanthinum*, *Oncidium blanchetii*, *Z. brachypetalum*, *Habenaria macronectar* e *H. janeirensis*. Também observaram a endoderme, tendo espessamento da parede do tipo “O” em *E. secundum*, *E. xanthinum*, *O. blanchetii*, *O. barbaceniae*, *Z. mackayi*, *Pleurothallis prolifera* e *P. teres* e do tipo “U” em *Oncidium blanchetii* e *Zygotetulum brachypetalum*.

Moraes (2011) verificou que em *Zygopetalum mackayi* e *Paradisanthus micranthus*, as células da exoderme são alongadas, e o parênquima cortical é constituído de 4-5 camadas de células em *Dichaea pendula*, 8-9 camadas em *Dichaea trulla*, *Promenaea rollissonii*, *Warczewiczella wailesiana* e *Zygopetalum maxillare*, 10-13 camadas em *Hoehneella gehrtiana*, *Koellensteinia tricolor*, *Huntleya meleagris*, *Paradisanthus micranthus*, *Promenaea xanthina*, *Zygopetalum mackayi* e *Zygopetalum pedicellatum*. Observou também que a endoderme é unisseriada em todas as espécies formadas por células isodiamétricas com espessamento nas paredes anticlinais e periclinal interna, exceto nas células de passagem, opostas aos pólos de xilema, em que todas as paredes são delgadas.

O córtex das raízes adventícias das Bromeliaceae é delimitado por exoderme e endoderme com ampla região parenquimática intermediada por cilindro esclerótico (KRAUSS, 1948; TOMLINSON, 1969).

LOBO et al., (2008) observaram que o córtex de *Dyckia brevifolia* e *D. distachya* é constituído por exoderme e parênquima intercalado por anel esclerenquimático. Em *D. brevifolia* verificaram exoderme constituída por único estrato de células justapostas e em *D. distachya* composta por cerca de três estratos de células isodiamétricas quando observadas em secção transversal e alongadas em secção longitudinal. Nas duas espécies as paredes são espessadas e suberizadas e responsáveis pelo controle do fluxo da água e sais minerais no sentido epiderme-córtex-cilindro central. Essa suberina é hidrofóbica (MAUSETH, 1988), e impede a via apoplástica. Na endoderme de ambas as espécies observaram estrias de Caspary e paredes espessadas em "U", também podendo ser em "O" em *D. distachya*. LOBO et al. (2008) observaram que o parênquima cortical de *D. brevifolia* e *D. distachya* é formado por células de paredes delgadas, isodiamétricas em secção transversal, e tabulares em secção longitudinal, ocorrendo um anel de tecido esclerenquimático com células de paredes lignificadas e suberificadas que divide o córtex em duas regiões: parênquima externo e interno.

Pita e Menezes (2002) observaram na região basal da raiz de *Encholirium heloisae* e *Dyckia macedoi* uma progressiva esclerificação (de fora para dentro), das células do parênquima cortical. E em *Encholirium heloisae* endoderme com estrias de Caspary, com espessamento nas paredes anticlinais e células de passagem.

O córtex de raízes aéreas das Araceae é composto por células parenquimáticas, podendo apresentar espaços intercelulares, e bainha (anel esclerenquimático). A endoderme formada por uma camada de células parenquimáticas achatadas ou cilíndricas pode apresentar espessamento secundário. Oliveira (2011) em seu estudo com raízes aéreas de *Heteropsis*

*flexuosa*, *Monstera obliqua* e *Philodendron solimoesense*, observou na primeira espécie, o córtex com 30 camadas de células isodiamétricas, clorofiladas, com fibras esclerenquimáticas dispersas e uma bainha com seis a oito camadas de fibras esclerenquimáticas, com paredes espessas, e endoderme formada por células parenquimáticas achatadas. Na segunda, observou o córtex composto por 20 camadas de células parenquimáticas, uma bainha esclerenquimática, endoderme formada por uma camada de células parenquimáticas e exodermecom uma camada de células retangulares a subcilíndricas. E por fim, na terceira espécie, observou córtex formado por células irregulares com espaços intercelulares, presença de dutos resiníferos e cristais na forma de ráfides e endoderme com espessamento secundário.

Na maioria das espécies de Orchidaceae, o xilema é do tipo poliarco e a medula desenvolvida (OLIVEIRA; SAJO, 1999). Silva et al. (2010) no estudo que fez com 13 espécies de orquídeas, verificaram que todas apresentavam xilema do tipo poliarco com em média, de 18 a 20 pólos de protoxilema. Moraes (2011) estudou 12 espécies de Zygopetalinae (Orchidaceae) e também verificou a presença de xilema do tipo poliarco em todas elas.

O estelo das Bromeliaceae é constituído por tecido vascular poliarco, delimitado por até dois estratos de células, e a medula possui células com paredes lignificadas (KRAUSS, 1948; TOMLINSON, 1969 *apud* LOBO et al., 2008). LOBO et al., (2008) observaram que o cilindro central de *Dyckia brevifolia* e *D. distachya* está constituído por periciclo unisseriado com células isodiamétricas, sistema vascular e medula. Pita e Menezes (2002) observaram que em *Encholirium heloisae* e *D. macedoio* parênquima medular é totalmente lignificado. No cilindro central das Araceae pode ocorrer alternância do xilema e floema circundados por fibras esclerenquimáticas, ou apresentar-se lobado com arranjo alterno e radial do xilema e floema. Oliveira (2011) em seu trabalho com raízes aéreas de *Heteropsis flexuosa*, *Monstera obliqua* e *Philodendron solimoesense*, observou no cilindro central na primeira espécie, a presença de alternância do xilema e floema, circundados por fibras esclerenquimáticas; na segunda espécie observou os elementos de vaso rodeados por fibras esclerenquimáticas; e na terceira espécie observou o cilindro central lobado com arranjo alterno e radial do xilema e floema.

As bromélias apresentam adaptações particulares que consistem na progressiva redução estrutural e funcional das raízes e no desenvolvimento de características foliares, tais como, parênquima armazenador de água, tecidos de sustentação e principalmente tricomas peltados absorventes. O estudo da anatomia foliar de seus representantes pode possibilitar especulações associadas à filogenia, fisiologia, ecologia e taxonomia (BRAGA, 1977).

Aoyama e Sajo (2003) estudaram a estrutura foliar de espécies de *Aechmea* e espécies relacionadas e observaram a presença de escamas nas faces adaxial e abaxial da epiderme de todas as folhas, e a ocorrência de hipoderme, que pode ser reconhecida como tecido mecânico ou armazenador de água.

Scatena e Segecin (2005) verificaram em 12 espécies de *Tillandsia* a presença de epiderme, parênquima aquífero, parênquima clorofiliano, sistema vascular circundado total ou parcialmente por fibras, e escamas epidérmicas.

Vailati (2009) fez um estudo das folhas de *Dyckia encholirioides*, *Aechmea nudicaulis* e *Tillandsia gardneri* quanto a estratégias usadas para adaptação ao ambiente de restinga do estado de Santa Catarina, Brasil, e verificou presença de células epidérmicas com corpos silicosos, tricomas peltados, estômatos restritos à superfície abaxial, esclerênquima e parênquima aquífero.

Silva e Milaneze-Gutierrez (2004) observaram em folhas de *Cattleya walkeriana* (Orchidaceae) cutícula com uma proeminência expressiva sobre o poro estomático, onde se formou uma câmara supra-estomática. De acordo com Rasmussen (1987), essa câmara é característica comum nas orquídeas epífitas que enfrentam altas temperaturas e pouca disponibilidade de água, contribuindo para a redução da transpiração foliar. Entretanto, Lawton et al. (1992) observaram a estruturação da cutícula, semelhante à descrita acima, em três espécies de *Paphiopedilum*, de hábito terrestre e típicas das regiões das monções, onde a umidade e a temperatura ambiente são elevadas. Da mesma forma, Zanenga-Godoy e Costa (2003) estudaram *Cattleya bicolor*, *C. walkeriana*, *C. nobilior* e *C. araguiensis* e observaram que tais orquídeas apresentam epiderme espessa e são hipostomáticas.

Oliveira (2011) descreveu as folhas de três espécies de Araceae. Em *Heteropsis flexuosa* verificou epiderme com células poligonais com cutícula lisa, com presença de estômatos, feixes colaterais envolvidos por fibras esclerenquimáticas espessadas, e presença de cristais. Em *Monstera obliqua* verificou epiderme com células retangulares com cutícula fina, presença de estômatos, feixes colaterais rodeados por esclerênquima e presença de cristais do tipo ráfides. E em *Philodendron solimoesense* verificou cutícula rugosa, estômatos, mesofilo com aerênquima, colênquima anelar, feixes colaterais envolvidos por fibras esclerenquimáticas, presença de idioblastos, laticíferos e cristais.

### 3.Referências

- AOYAMA, E.M.; SAJO, M.G. Estrutura foliar de *Aechmea* Ruiz & Pav. subgênero *Lamprococcus* (Beer) Baker e espécies relacionadas (Bromeliaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 461-473, 2003.
- ARORA, S.; KAPIL, R. N. Comparative study of pollinia of two species of *Pholidota* Lindl. **Phytomorphology**, v. 39, n. 4, p. 343-352, 1989.
- BARROS, F. DE; VINHOS, F.; RODRIGUES, V.T.; BARBERENA, F.F.V.A.; FRAGA, C.N.; PESSOA, E.M.; FORSTER, W.; MENINI NETO, L.; FURTADO, S.G.; NARDY, C.; AZEVEDO, C.O.; GUIMARÃES, L.R.S. *Orchidaceae*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB179>>. Acesso em: 23 Jul. 2014.
- BENNET, B. C. Patchiness, diversity, and abundance relationships of vascular epiphytes, **Selbyana**, v. 9, p. 70-75, 1986.
- BENZING, D. H. **Vascular epiphytes: general biology and related biota**. Cambridge University Press Cambridge, 1990.
- BOELTER, C.R; FONSECA C.R. Abundância, riqueza e composição de epífitos vasculares em floresta com araucária e monoculturas arbóreas. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG., 2007**.
- BOGNER J.; NICOLSON D. H. A Revised Classification of Araceae with Dichotomous Keys. **Willdenowia**, v. 21, p. 35-50, 1991.
- BRAGA, M.M.N. Anatomia foliar de Bromeliaceae da Campina. **Acta Amazonica**, v.7, p.1-74, 1977.
- BRIEGER, F.G. Dispersão geográfica e diversificação evolutiva em orquídeas. **Ciência e Cultura**, v.14, n. 3, p. 69-70, 1962.
- BRITO, M. R.; SENNA VALLE, L. Plantas medicinais utilizadas na comunidade caiçara da Praia do Sono, Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 2, p. 363-372, 2011.
- CARDOSO, J. C.; ISRAEL, M. A. Survey of the orchidaceae family species to evaluate the biodiversity and their cultivation in the district of águas de Santa Bárbara. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, 2005.
- COELHO, C.P.; PINHEIRO, T.F.; LAPS, R.R. **Epífitas como fonte de recursos para aves na Serra do Teimoso, Jussari, Bahia**. In: SANTOS, F.A.M.; ALVES, T.F. (orgs.). Tópicos em Ecologia de Campo II (Pesquisa em Dossel) do Programa de Pós-graduação em Ecologia, IB, UNICAMP. 2002. (dados não publicados). Disponível em: <http://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/relatorios/ne313-11.pdf>. Acesso em: 07 out. 2012.
- COELHO, M. A. N. *Philodendron* Schott (Araceae): morfologia e taxonomia das espécies da Reserva Ecológica de Macaé de Cima - Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 51, n. 78/79, p. 21-68, 2000.

COELHO, M.A.N.; SAKURAGUI, C.M.; MAYO, S.; SOARES, M.L.; TEMPONI, L.G.; CALAZANS, L.S.B.; GONÇALVES, E.G.; ANDRADE, I.M. de; PONTES, T.A. *Araceae*, 2012 in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB51>>. Acesso em: 20 Jul. 2014

COSTA, R. S.; BRASIL, T. C.; SANTOS, C. J.; SANTOS, D. B.; BARRETO, M. L.; NEVES, N. M. A.; FIGUEIREDO, C. A. V. Produtos naturais utilizados para o tratamento da asma em crianças residentes na cidade de Salvador-BA, Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 594-599, 2010.

CRESTANI, M.; BARBIERI, R. L.; HAWERROTH, F. J.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. Das américas para o mundo: origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1473-1483, 2010.

CROAT, T.B. Ecology and life forms of Araceae. **Aroideana**, v. 11, p. 4-55, 1988.

CUTTER, E.G. **Plant Anatomy**. Part 1: Cells and tissues. 2ªed. London, William Clowes & Sons, 1978.

DISLICH, R.; MANTOVANI, W. A Flora de Epífitas Vasculares da Reserva da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (São Paulo, Brasil). **Boletim de Botânica Universidade de São Paulo**, v. 17, p. 61-83, 1998.

DODSON, C. H.; GILLESPIE, R. J. The Biology of Orchids. **The Mid-America Orchid Congress**, Nashville, 1967.

DORNAS, W. C.; OLIVEIRA, T. T.; DORES, R. G. R.; FABRES, M. H. A.; NAGEM, T. J. Efeitos antidiabéticos de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2, p. 488-500, 2009.

DRESSLER, R. L. **Phylogeny and classification of the orchid family**. Dioscorides Press, 1993.

EAMES, A.J.; MACDANIELS, L.H. **An Introduction to Plant Anatomy**. London, MacGraw-Hill Books, 1947.

EGGELING, W. J. Observations on the ecology on Budongo Rain Forest, Uganda. **Journal of Ecology**, v. 34, n.1, p. 20-87, 1947.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda., 1976.

FAHN, A. **Anatomia Vegetal**. Madrid, H. Blume Ediciones, 1978.

FORZZA, R.C.; COSTA, A.; SIQUEIRA FILHO, J.A.; MARTINELLI, G.; MONTEIRO, R.F.; SANTOS-SILVA, F.; SARAIVA, D. P.; PAIXÃO-SOUZA, B.; LOUZADA, R.B.; VERSIEUX, L. *Bromeliaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB66>>. Acesso em 01 de julho de 2014.

- FRENCH, J. C.; CHUNG, M. G.; JUR, Y. K. Chloroplast DNA phylogeny of the Ariflorae. In: Rudall, P. J., Cribb, P. J. Cuttler, D. F., Humphries. *Monocotyledons: systematics and evolution. Royal Botanic Gardens*, p. 255-275, 1995.
- GENTRY, A.H.; DODSON C.H. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 74, p. 205-223, 1987.
- GIVNISH, T.J.; MILLAM, K. C.; BERRY, P.E.; SYTSMA, K.J. **Phylogeny, Adaptive Radiation, and Historical Biogeography of Bromeliaceae Inferred from ndhF Sequence Data.** *Aliso*, v.23, pp. 3–26.2007.
- HELBSING, S.; RIEDERER, M.; ZOTZ, G. Cuticles of vascular epiphytes: Ancient barriers for water loss after stomatal closure? *Annals of Botany*, v. 86, p. 765-769, 2000.
- HERTEL, R.J.G. Contribuição à ecologia de flora epifítica da serra do mar (vertente oeste) do Paraná. *Arquivos do Museu Paranaense*, v.8, p. 3-63, 1950.
- INGROUILLE, M. Diversidade and evolution of land plants. 3 ed. London: **Chapman & Hill**, 1995.
- KERSTEN, R. A. Epífitas vasculares – histórico, participação taxonômica e aspectos relevantes, com ênfase na Mata Atlântica. *Hoehnea*, v. 37, n.1, p. 9-38, 2010.
- KIRA, T.; YODA, K. Vertical stratification in microclimate. In: LIETH, H.; WERGER, M.J.A. (eds.). *Ecosystems of the world*, v. 14b: **Tropical Rain Forest ecosystems**. Elsevier, Amsterdam, p. 55-71, 1989.
- KRAUSS, B.H. Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L) Merr. (concluded) II. The root and the cork. *Botanical Gazette*, v.110, p. 159-217, 1948.
- LAWTON, J. R. *et al.* Morphology and ultrastructure of the leaf of three species of *Paphiopedilum* (Orchidaceae). *Lindleyana*, v. 7, n. 4, p. 199-205, 1992.
- LIMA, R. A.; ANDRADE, R. F. S.; SANTOS, L. Q.; TAJAKI, G. M. C. Produção de biossurfactante por *Pseudomonas fluorescens* em caldo de abacaxi (*Ananas comosus*) com óleo de girassol pós-fritura e aplicação na remoção de derivado do petróleo. *Exacta*, v. 8, n. 2, p. 201-210, 2010.
- LOBO, G. M.; VOLTOLINI, C. H.; REIS, A.; SANTOS, M. Morfoanatomia de raízes adventícias das reófitas *Dyckia brevifolia* Baker e *D. distachya* Hassler (Bromeliaceae). *Insula*, n.37, p. 81–94, 2008.
- LUTHER, H. E. **An alphabetical list of Bromeliad binomials**. 2008. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/25432977/Alphabetical-List-of-Bromeliad-Binomials>> Acesso : 14 jul. 2012.
- LÜTTGE, U. Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). *Annals of Botany*, v. 93, p. 629-652, 2004.
- MADISON, M. Vascular epiphytes: their systematic occurrence and salient features. *Selbyana*, v.2, n. 1, p. 1-13, 1977.

MANIA, L. F.; MONTEIRO, R. Epifitismo em área de restinga, Ubatuba, SP, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 4, p. 705-713, 2010.

MAUSETH, J.D. **Plant Anatomy**. USA, The Benjamin/Cummings, 1988.

MAYO, S. J. **Flora da reserva Ducke: Araceae**. Manaus, INPA/DFID, p.672-687, 1999.

MEYER, L. Zur anatomie und entwicklungsgeschichte der Bromeliaceenwurzeln. **Planta**, v. 31, p. 492-522, 1940.

MILLIKEN, W.; ALBERT, B. **Algumas plantas medicinais utilizadas pelos ianomâmis**. London, Royal Botanic Gardens Kew, 1999.

MORAES, C. P. de. **Anatomia dos Órgãos Vegetativos de Representantes Brasileiros de Zygotetinae (Orchidaceae) e sua Relação com a Taxonomia da Subtribo**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011. 48 f. Tese (doutorado) - Instituto de Biociências, do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2011.

MOREIRA, B. A.; WANDERLEY, M. G. L.; BARROS, M. A. V. DA C. **Bromélias: Importância Ecológica e diversidade, Taxonomia e Morfologia**. São Paulo, INSTITUTO DE BOTÂNICA – IBT - Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente - Curso de Capacitação de monitores e educadores, 2006. Disponível em: <[http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/web/pdf/bromelias\\_bianca\\_moreira.pdf](http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/web/pdf/bromelias_bianca_moreira.pdf)> Acesso em: 07 de out. 2013.

OLIVEIRA, R. F. M. de. **Aspectos etnobotânicos e taxonômicos de Araceae Juss. na comunidade Santa Maria, Baixo Rio Negro, AM**. Manaus : INPA, 2011. 119 f. Dissertação (mestrado) - Programa De Pós-Graduação Em Botânica. INPA, Manaus, 2011.

OLIVEIRA, V.C.; SAJO, M.G. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3 , p. 365-374, 1999.

PABST, G.F.J.; DUNGS, F. **Orchidaceae Brasiliensis**. Kurt Schmiersow, Hidesheim. Vol.1., 1975.

PETERSON, R. L.; UETAKE, Y.; ZELMER, C. Fungal symbiosis with orchid protocorms. **Symbiosis**, v. 25, p.29-55, 1998.

PITA, P. B.; MENEZES, N. L. Anatomia da raiz de espécies de *Dyckia* Schult. f. e *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Bromeliaceae, Pitcaimioideae) da Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil), com especial referência ao velame. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n.1, p. 25-34, 2002.

POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. Velamen radicum micromorphology and classification of Orchidaceae. **Nordic Journal of Botany**, v. 8, n. 2, p. 117-137, 1988.

PRIDGEON, A. M.; STERN, W. L.; BENZING, D. H. Tilosomes in roots of Orchidaceae: Morphology and systematic occurrence. **American Journal Botany**. v. 70, n. 9, p. 1365-1377, 1983.

PRIDGEON, A. M.; CRIBB, P.J.; CHASE, M. W.; RASMUSSEN, F. N. (orgs.) *Genera Orchidacearum*. v. 1. **General Introduction, Apostasioideae, Cypripedioideae**. Oxford: Oxford University; 1999.

PRIDGEON, A.M. The velamen and exodermis of orchid roots. *In*: ARDITTI, J. (ed.). **Orchid Biology: reviews and perspectives**. Cornell University Press, New York, 1987.

RASMUSSEN, H. Orchid stomata - structure, differentiation, function and phylogeny. *In*: ARDITTI, J. (ed.). **Orchid biology: reviews and perspectives IV**. New York: Cornell University Press, 1987.

RASMUSSEN, H.N. Recent developments in the study of orchid mycorrhiza. **Plant Soil**, v. 244, p. 149-163, 2002.

RIBEIRO, J.E.L.S.; HOPKINS, M.J.G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C.A.; COSTA, M.A.S.; BRITO, J.M.; SOUZA, M.A.D.; MARTINS, L.H.P.; LOHMANN, L.G.; ASSUNÇÃO, PEREIRA, E.C.; SILVA, C.F.; MESQUITA, M.R. & PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra Firme da Amazônia Central**. INPA, Manaus. 1999.

ROCHA, C.F.D.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; ALMEIDA, D.E.; FREITAS, A.F.N. Bromélias: ampliadoras da biodiversidade. **Bromelia**, v. 4, n. 4, p. 7-10, 1997.

RUIZ, R. C., COSTA, L. S., SILVEIRA, M.; BROWN, I. F. **Seleção de espécies vegetais com potencial de uso, para estudos ecológicos e manejo, em florestas no oeste da Amazônia**. New York: The New York Botanical Garden, 2002.

SCATENA, V. L. SEGECIN, S. Anatomia foliar de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.3, p.635-649, 2005.

SEGECIN, S.; SCATENA, Y. L. Morfoanatomia de rizomas e raízes de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**.v.18, p. 253-260, 2004.

SILVA, C. I.; MILANEZE-GUTIERRE, M. A. Caracterização morfo-anatômica dos órgãos vegetativos de *Cattleya walkeriana* Gardner (Orchidaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, n. 1, p. 91-100, 2004.

SILVA, I. V.; STROZI, R. M. A. M.; AZEVEDO, A. A. Anatomia de raízes de espécies de Orchidaceae do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais. **Hoehnea**, v. 37, n. 1, p. 147-161, 2010.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Pitcairnoideae (Bromeliaceae). The New York Botanical Garden, New York. **Fl. Neotrop. Monagr.**,v. 14, n. 1, p. 1-658, 1974.

SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. Tillandsioideae.(Bromeliaceae).The New York Botanical Garden, New York.**Fl. Neotrop. Monagr.**v. 14, n. 2, p. 663-1492, 1977.

SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. Bromelioideae.(Bromeliaceae).The New York Botanical Garden, New York. ). **Fl. Neotrop. Monagr.** v. 14, n.3, p. 1493-2142, 1979.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2011.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG II**. 2 ed. São Paulo, Nova Odessa - Instituto Plantarum, 2008.

STERN, W.L., JUDD, W.S. & CARLSWARD, B.S. Systematic and comparative anatomy of *Maxillaria*(Orchidaceae), *sans* Oncidiinae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 144, p. 251-274, 2004.

TOMLINSON, P.B. **Anatomy of the monocotyledons: III Commelinales-Zingiberales**. Oxford, Oxford University Press, 1969.

VAILATI, M. G. **Morfoanatomia de três espécies de Bromeliaceae de restingas do Estado de Santa Catarina, Brasil**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. 93 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009.

WAECHTER, J.L. **O epifitismo vascular na planície costeira do Rio Grande do Sul**. São Carlos: UFSCAR, 1992. 163p. Tese (doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, São Carlos, 1992.

ZANENGA-GODOY, R.; COSTA, C. G. Anatomia Foliar de Quatro Espécies do Gênero *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae) do Planalto Central Brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 1, p. 101-118, 2003.

ZOTZ, G.; HEITZ, P. The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 2067-2078, 2001.

## CAPÍTULO 2

### **Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas nativas do estado do Paraná**

Artigo elaborado e formatado conforme as  
normas para publicação científica no periódico  
*Acta Botânica Brasílica*.

## Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas nativas do estado do Paraná

Samara Colaoto Herreiro<sup>1</sup>, Káthia Socorro Mathias Mourão<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Maringá, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Maringá, PR, Brasil.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: [kmsmourao@gmail.com](mailto:kmsmourao@gmail.com)

### RESUMO

(Anatomia comparativa das raízes de nove epífitas nativas do estado do Paraná). O termo epífito designa as espécies que vivem aderidas aos troncos, ramos e às folhas de outras plantas, os forófitos. Os caracteres anatômicos presentes nas raízes das epífitas estão a epiderme pluriestratificada ou velame, originado de divisões periclinais das iniciais da protoderme; o córtex parenquimático normalmente delimitado externamente pela exoderme e internamente pela endoderme, que podem apresentar espessamento secundário; os cloroplastídios; os idioblastos com ráfides e os espaços intercelulares. Este estudo teve por objetivo descrever e comparar as adaptações anatômicas presentes nas raízes de cinco espécies de Orchidaceae, *Isochilus linearis*, *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiaris pumila* e *Leptotes bicolor*, três de Bromeliaceae e uma de Araceae, epífitas da Floresta Ombrófila Mista paranaense. As espécies de orquídeas analisadas são holoeplífitas e apresentam raízes com velame, córtex com exoderme e endoderme diferenciadas dos demais estratos parenquimáticos; as bromélias *Vriesea flava* e *Billbergia nutans* são holoeplífitas e *Aechmea distichantha*, uma epífito facultativa, as quais apresentaram velame em suas raízes, e o tecido cortical dividido em parênquima externo, mediano e interno, além da endoderme. A Araceae *Philodendron propinquum*, uma hemieplífito, apresentou raízes com epiderme uniestratificada, além do córtex com exoderme, parênquima cortical e endoderme distintos. Em todas as espécies o cilindro vascular mostrou-se poliarco. Foram observadas diferenças no número de camadas do velame entre as porções imaturas e maduras das raízes das orquídeas *Maxillaria marginata* e *Oncidium flexuosum*, assim como nas três espécies de bromélias analisadas. As características anatômicas relacionadas com o ambiente epifítico, observadas nas espécies estudadas, foram: velame, tilossomo, exoderme e endoderme espessas, idioblastos traqueoidais, idioblastos contendo ráfides e aerênquima.

**Palavras-chave:** Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae, Floresta Ombrófila Mista.

### ABSTRACT

(Comparative anatomy of roots from nine native epiphyte from Paraná State). The term epiphyte refers a group of plants that live attached to the trunk, branches and even the leaves of species known phorophytes. The anatomic characters present in the epiphytes' roots are the several cells layers of the epidermis named velam, tissue originated from periclinal divisions

of initial protoderm; the parenchymatous cortex typically limited externally by the exodermis and internally by the endodermis, both that might have secondary thickening; chloroplast; the idioblasts with raphides and intercellular spaces. This research aimed to describe and to compare the root anatomic adaptations that occur in five Orchidaceae, *Isochilus linearis*, *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiaris pumila* e *Leptotes bicolor*, three Bromeliaceae and one Araceae, epiphyte species from Araucaria Forest, Brazil. The orchide species analyzed are holoeipiphytes and show roots with velamen, exodermis and endodermis but are different from the other by the number of parenchyma strata; the bromeliads *Vriesea flava* and *Billbergia nutans* are holoeipiphyte, and *Aechmea distichantha*, an optional epiphyte, that presented velamen in their roots, cortical tissue divided into outer, middle and inner parenchyma and endodermis. The Araceae *Philodendron propinquum*, a hemieipiphyte, presented roots with unistratified epidermis and cortex with distinct exodermis, endodermis and cortical parenchyma. On whole species the vascular cylinder showed polyarc. It was observed differences in the number of layers of the velamen in immature and mature portions only in the roots of *Maxillaria marginata* and *Oncidium flexuosum* and in the roots of the three bromeliads species analyzed. The anatomic characters in relationship with epiphyte habit observed in the species were: velamen, tilosome, exodermis and endodermis thick, tracheoidal elements, idioblasts with raphides and aerenchyma.

**Keywords:** Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae, Araucaria Forest.

## Introdução

O dossel, definido como o estrato superior de uma floresta (Richards 1952). Dentre as plantas que compõem o dossel, destacam-se as epífitas, que representam aproximadamente 10% de todas as plantas vasculares, sendo encontradas preferencialmente em florestas tropicais úmidas (Kress 1986). O termo epífita designa as plantas que vivem aderidas aos ramos, ao tronco e até mesmo às folhas de outras, sem a interação biológica do tipo parasitismo. Segundo os estudos de Benzing (1990), as epífitas podem ser subdivididas em epífitas verdadeiras ou holoeipífitas, cujo ciclo de vida ocorre inteiramente sobre o forófito; hemieipífitas que incluem as espécies que mantem contato com o solo em alguma fase de seu ciclo de vida, as quais são subdivididas em hemieipífitas primárias ou hemieipífitas secundárias. No primeiro grupo estão as epífitas que germinam na copa das árvores e posteriormente estabelecem contato com o solo, sejam por intermédio de raízes constritoras, as quais podem matar a planta suporte por impedir o fluxo de seiva, ou por intermédio de raízes não-constritoras, e portanto, que não matam o forófito, apenas dele se beneficiam como apoio. As espécies de hemieipífitas secundárias germinam no solo, sobem no forófito e posteriormente perdem a porção basal do sistema caulinar e radical, mantendo-se como epífitas verdadeiras. No grupo das epífitas facultativas estão as espécies que podem viver tanto no dossel e no substrato inferior da floresta quanto no solo. Finalmente, as epífitas

acidentais compõem o grupo de plantas que não possuem adaptações especiais para a vida no dossel da floresta, mas sendo levadas até ele por dispersores como pássaros e o vento.

Entre as epífitas estão vários grupos de plantas, desde briófitas até as angiospermas, destacando-se as Orchidaceae, Bromeliaceae e Araceae. As orquídeas estão representadas por cerca de 850 gêneros e 20.000 espécies (Dressler 1993), sendo que no Brasil são encontrados 236 gêneros e 2.460 espécies, com ampla ocorrência nos estados (Barros *et al.* 2014). Baseando-se em análises de DNA, a família está dividida em cinco subfamílias: Apostasioideae, Vanilloideae, Cyripedioideae, Orchidoideae e Epidendroideae (Barros 1990, Souza & Lorenzi 2005, Chase *et al.* 2003) e apresenta características muito especializadas, que lhes conferem um elevado poder de adaptação a diferentes ambientes, podendo crescer em climas frios, quentes e em regiões temperadas, mas são encontradas em maior abundância, em número e em variedade, nas regiões tropicais (Dressler 1981, 1993; Englert 2000).

Já as Bromeliaceae possuem distribuição exclusivamente neotropical, apresentam 3.172 espécies e 58 gêneros, divididos em três subfamílias: Pitcairnioideae, Tillandsioideae e Bromelioideae (Smith & Downs 1974), a análise cladística das sequências da DNA *ndhF* de cloroplasto, identificou 8 grandes clados de bromélias (Givnish *et al.* 2007). No Brasil são citados 44 gêneros e 1.324 espécies (Forzza *et al.* 2014). Constituem um grupo de plantas particularmente adaptado à vida epífita, e muitas espécies brasileiras de bromélias ocupam territórios definidos de distribuição, sendo a Mata Atlântica o ecossistema que apresenta maior riqueza (Smith & Downs 1974, Luther 2008, Fontoura 1995).

O terceiro grupo de plantas ora considerado, as Araceae, possuem cerca de 105 gêneros e mais de 3.500 espécies, distribuídas principalmente em regiões tropicais, sendo que cerca de 86% possui forma de vida epifítica (Ribeiro *et al.* 1999). Para o Brasil são citados 36 gêneros e 477 espécies, distribuídas por todo o território nacional (Coelho *et al.* 2014). O trabalho de filogenia de French *et al.* (1995) baseado em dados moleculares (cpDNA), e o trabalho de Mayo *et al.* (1997) que se baseia na utilização de 63 caracteres morfológicos, incluindo anatômicos, propõem sete subfamílias monofiléticas para as Araceae, sendo: Gymnostachydoideae, Orontioideae, Pothoideae, Monsteroideae, Lasioideae, Calloideae e Aroideae.

Como nas demais Monocotiledôneas, a raiz primária ou radícula das Aráceas (Coelho 2000) e Bromeliáceas (Silva & Scatena 2011b) tem vida efêmera de curta duração, sendo que as raízes presentes na planta adulta são adventícias, desenvolvendo-se a partir de tecidos caulinares. Nas orquídeas, os embriões indiferenciados originam uma estrutura polarizada, o protocormo, em cuja extremidade posterior estão tricomas semelhantes aos pelos absorventes

radicais, enquanto que as raízes adventícias formam-se endogenamente no tecido do protocormo (Silva & Milaneze-Gutierrez 2004b). Dessa forma, nos indivíduos adultos as descrições anatômicas das espécies das famílias acima baseiam-se em suas raízes adventícias, as quais podem apresentar epiderme uniestratificada, com zona pilífera desenvolvida (Tomlinson 1969) ou epiderme pluriestratificada ou velame (Pita & Menezes 2002, Segecin & Scatena 2004, Lobo *et al.* 2008). A epiderme pluriestratificada, nas raízes, origina-se de divisões periclinais das iniciais da protoderme, sendo estas relevantes na absorção de nutrientes em raízes aéreas de espécies epífitas de Araceae e Orchidaceae (Eames & Macdaniels 1947, Esau 1959, Fahn 1978).

Nos estudos sobre as raízes de Orchidaceae, o velame e a exoderme têm recebido atenção especial. A maioria das espécies possui velame com ou sem tilossomos, exoderme com células de passagem, córtex com endoderme de paredes espessadas em “U” (Pridgeon *et al.* 1983, Pridgeon 1987, Stern *et al.* 2004). Na maioria das espécies de Orchidaceae, o xilema é do tipo poliarco e a medula bem desenvolvida (Oliveira & Sajo 1999). No córtex das raízes de Orchidaceae, as células parenquimáticas geralmente são fotossinteticamente ativas, podendo apresentar idioblastos, como ráfides ou drusas, e paredes parcialmente espessadas (Porembski & Barthlott 1988).

O córtex de raízes aéreas das Araceae é composto por células parenquimáticas, podendo apresentar espaços intercelulares e bainha (anel esclerenquimático). A endoderme, formada por uma camada de células parenquimáticas achatadas ou cilíndricas, pode apresentar espessamento secundário. No cilindro central pode ocorrer alternância do xilema e floema circundados por fibras esclerenquimáticas, ou apresentar-se lobado com arranjo alterno e radial do xilema e floema (Oliveira 2011).

O córtex das raízes adventícias das Bromeliaceae é delimitado por exoderme e endoderme, com vários estratos de células parenquimáticas, intermediadas por cilindro esclerótico (Lobo *et al.* 2008).

Diante da riqueza específica das famílias de monocotiledôneas que apresentam representantes epífitos, estudos anatômicos ainda são necessários, principalmente se comparativos e que procurem relacionar a estrutura com as pressões ambientais a que estas espécies estão submetidas. Assim, o objetivo deste trabalho foi descrever e comparar as adaptações anatômicas características de ambiente epífítico de raízes de orquídeas, bromélias e de um filodendro nativos da Floresta Ombrófila Mista, no estado do Paraná.

## Material e métodos

As espécies de Orchidaceae, Bromeliaceae e Araceae desse estudo são epífitas e foram coletadas no ano de 2011 na área de supressão da vegetação da hidrelétrica Mauá, localizada entre Telêmaco Borba e Ortigueira, região Centro-Nordeste no estado do Paraná. Os exemplares foram trazidos a Maringá, região Noroeste do Paraná, e mantidos sob cultivo no epifitário da Universidade Estadual de Maringá (UEM). As condições de cultivo em vaso incluíram a proteção dos exemplares com tela do tipo sombrite 50%, plantio em substrato poroso (carvão vegetal e casca de *Pinus*), e regas diárias por microaspersão, de modo a manter a umidade relativa do ar elevada, semelhante àquela do interior da Floresta Ombrófila Mista, seu habitat natural.

Parte do material coletado foi herborizado e parte fixado em FAA 50, com posterior estocagem em etanol 70% (Johansen 1940). As exsiccatas foram depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM), sendo: *Isochilus linearis* (Jacq.) R. Br. (20482), *Maxillaria marginata* (Lindl.) Fenzl (28079), *Oncidium flexuosum* Sims. (27895), *Lophiaris pumila* (Lindl.) Braem (28081), *Leptotes bicolor* Lindl. (28080), *Vriesea flava* And. Costa, H. Luther & Wand (27892), *Aechmea distichantha* Lem. (28578), *Billbergia nutans* H. Wendl. (27894) e *Philodendron propinquum* Schott (28577).

De acordo com observações no local da coleta, as espécies foram coletadas em estratos baixo, médio e alto, sendo *Vriesea flavae* *Philodendron propinquum* de estrato baixo, *Isochilus linearis*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiaris pumila*, *Leptotes bicolor*, *Billbergia nutans* de estrato médio, *Maxillaria marginata* de estrato alto, e *Aechmea distichantha* de estrato baixo e médio. E em locais ensolarados e sombreados, sendo *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum* de locais ensolarados, *Isochilus lineari*, *Lophiaris pumila*, *Leptotes bicolor*, *Vriesea flava*, *Billbergia nutans* e *Philodendron propinquum* de locais sombreados, e *Aechmea distichantha* de locais ensolarados e sombreados.

Para o estudo anatômico das raízes, as amostras foram obtidas de pelo menos três indivíduos de cada espécie. Secções transversais e longitudinais das regiões imatura (zona de alongamento à zona de absorção) e matura (zona de ramificação) das raízes foram obtidas a mão livre, com o auxílio de lâmina de barbear, sendo a seguir, clarificadas com hipoclorito de sódio (30%), coradas com safrã e montadas em lâminas histológicas semipermanentes com gelatina glicerina (Burger & Richter 1991, Kaiser 1880).

Algumas secções de material fresco foram utilizadas para verificar possível presença de cloroplastídios, e outras foram submetidas a testes histoquímicos: para lipídios, utilizou-se Sudan IV, para compostos fenólicos, Cloreto Férrico (Rawlins & Takahashi 1952, Ruzin

1999), para amido, Lugol (Berlyn & Miksche 1976), e para substâncias pécnicas, Vermelhode Rutênio (Johansen 1940).

As fotomicrografias foram obtidas por captura de imagem em microscópio Olympus BX50, e as escalas referentes às ilustrações foram obtidas com lâmina micrométrica nas mesmas condições ópticas utilizadas para cada caso.

A análise das raízes em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi feita em secções transversais e longitudinais nas regiões matura e imatura, e superficial, a partir de amostras fixadas em glutaraldeído, desidratadas em série gradual de álcool etílico, durante 15 minutos em cada solução. Os materiais foram secos em secador de ponto crítico *Baltec CPD 030*, utilizando-se de CO<sub>2</sub> (Horridge & Tamm 1969). Após, foram colocados em suporte metálico e submetidos à metalização com ouro em aparelho *Shimadzu IC-50*. A análise foi feita em MEV modelo Shimadzu SS 550, com as escalas das micrografias eletrônicas diretamente impressas nas mesmas.

## Resultados

Com base na relação forófito e epífita, *Vriesea flavaePhilodendron propinquums* são de estrato baixo, *Isochilus linearis*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiaris pumila*, *Leptotes bicolor*, *Billbergia nutans* são de estrato médio, *Maxillaria marginata* de estrato alto, e *Aechmea distichantha* de estrato baixo e médio, sendo todas as Orchidaceae e as Bromeliaceae estudadas consideradas epífitas verdadeiras ou holoepífitas, sendo que *Aechmea distichantha* também tem a capacidade de sobreviver como terrestre. Já *Philodendron propinquum* foi considerado uma hemiepífita primária.

As espécies de Orchidaceae apresentam raiz com velame, córtex com exoderme, parênquima cortical e endoderme, e cilindro vascular (Fig. 1-32, 45-54); as espécies de Bromeliaceae apresentam velame, córtex com exoderme, parênquima cortical dividido em parênquima externo, mediano e interno e endoderme, e cilindro vascular (Fig. 33-41, 55-60); e a espécie de Araceae apresenta epiderme uniestratificado, córtex com exoderme, parênquima cortical e endoderme e cilindro vascular (Fig. 42-44, 61-62).

O revestimento das raízes variou quanto à superfície, quanto ao número de camadas celulares e quanto à estrutura de suas paredes. O velame esteve presente nas Orchidaceae e Bromeliaceae analisadas (Tabela 1). Este tecido apresenta de duas a quatro camadas de células em *Vrieseaflava* quando imaturo, em *Isochilus linearis* (Fig. 1-2, 12-14), *Lophiaris pumila* (Fig. 8-9, 25-26) e *Leptotes bicolor* (Fig. 10-11, 29-31) quando imaturo e maturo, e em *Oncidium flexuosum* quando imaturo (Fig. 6); de cinco a sete camadas de células

em *Maxillariamarginata* (Fig. 4), *Aechmea distichantha* (Fig. 36) e *Billbergia nutans* quando imaturo (Fig. 41) e em *O. flexuosum* (Fig. 7) e *V. flava* quando maturo (Fig. 34); de oito a dez camadas de células em *M.marginata* (Fig. 5) e *B.nutans* quando maturo (Fig. 40); e de onze a doze camadas de células em *A.distichantha* quando maturo (Fig. 37).

	<b>2-4 camadas</b>	<b>5-7 camadas</b>	<b>8-10 camadas</b>	<b>11-12 camadas</b>
<i>Isochilus linearis</i>	<b>IM - MA</b>			
<i>Maxillaria marginata</i>		<b>IM</b>	<b>MA</b>	
<i>Oncidium flexuosum</i>	<b>IM</b>	<b>MA</b>		
<i>Lophiaris pumila</i>	<b>IM - MA</b>			
<i>Leptotes bicolor</i>	<b>IM - MA</b>			
<i>Vriesea flava</i>	<b>IM</b>	<b>MA</b>		
<i>Aechmea distichantha</i>		<b>IM</b>		<b>MA</b>
<i>Billbergia nutans</i>		<b>IM</b>	<b>MA</b>	

Tabela 1. Número de camadas do velame na região imatura (IM) e matura (MA) das raízes de Orchidaceae e Bromeliaceae.

O velame das Orchidaceae apresenta, na maioria das espécies estudadas, células alongadas em sentido radial e representadas unicamente pela parede celular de espessamento secundário variável de suberina e lignina. Esta parede delimita o lume por meio de linhas helicoidais finas (*Maxillariamarginata*) (Fig. 18-19) a grossas (*Isochilus linearis* e *Oncidium flexuosum*) (Fig. 12, 15-16), mais ou menos anastomosadas. Em regiões mais velhas da raiz o espessamento secundário aumenta, acentuando-se o aspecto que varia de reticulado (*I. linearis*, *M. marginata*, *Leptotes bicolor*) (Fig. 17, 20, 31), levemente estriado (*O. flexuosum*) (Fig. 24) e estriado (*Lophiaris pumila*) (Fig. 28).

Em *Isochilus linearis* a primeira camada do velame ou epivelame apresenta células alongadas periclinalmente e ocorre espessamento contínuo de suberina nas paredes periclinais internas e descontínuo nas paredes anticlinalis (Fig. 13).

Em *Maxillaria marginata* e *Oncidium flexuosum* as células do epivelame são menores e não alongadas em sentido radial (Fig. 4-7, 21), enquanto que as células subjacentes são alargadas radialmente. Em *Lophiaris pumila* as células desta camada são maiores que as demais células do velame e alongadas radialmente (Fig. 8-9, 25). Nesta última espécie, na raiz imatura, o espessamento parietal helicoidal é evidente no epivelame; nas duas a três camadas subjacentes à exoderme as paredes apresentam espessamento contínuo (Fig. 8-9, 25-26); o epivelame inicialmente com espessamento secundário descontínuo (Fig. 25, 27) passa a apresentar, em regiões mais velhas da raiz, espessamento quase contínuo e de aspecto estriado (Fig. 26, 28).

Em *Leptotes bicolor*, tanto na raiz imatura quanto matura, as células do velame são isodiamétricas em secção transversal e longitudinal (Fig. 29-30) com espessamentos secundários helicoidais anastomosados que conferem a parede aspecto estriado (Fig. 29). No epivelame, as anastomoses incompletas, conferem às células aspecto perfurado (Fig. 31-32).

Fungos micorrízicos estão presentes no velame de *Isochilus linearis*, *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum* e *Leptotes bicolor*.

Nas Bromeliaceae *Vriesea flava* (Fig. 33-35), *Aechmea distichantha* (Fig. 36-38) e *Billbergia nutans* (Fig. 40-41) as células do velame são isodiamétricas em secção transversal, alongadas em secção longitudinal e não apresentam espessamento secundário. O epivelame em *A. distichantha* (Fig. 36-38) e *B. nutans* (Fig. 40-41) caracteriza-se pela presença de pêlos absorventes unicelulares.

Em *Philodendron propinquum* a epiderme é uniestratificada com células isodiamétricas em secção transversal e alongadas em secção longitudinal com pelos absorventes unicelulares (Fig. 42, 44) que se tornam ausentes em regiões mais velhas (Fig. 43).

O córtex das espécies de Orchidaceae e Araceae é diferenciado em exoderme, parênquima cortical e endoderme. Em *Isochilus linearis* (Fig. 1-2, 12-14), *Maxillaria marginata* (Fig. 4-5, 18-19), *Oncidium flexuosum* (Fig. 6-7, 21-22), *Lophiaris pumila* (Fig. 8-9, 25-26), *Leptotes bicolor* (Fig. 10-11) a exoderme é uniestratificada e em *Philodendron propinquum* constituída por duas a três camadas de células (Fig. 42-43).

Em *Vriesea flava*, *Aechmea distichantha* e *Billbergia nutans* o córtex é diferenciado em externo, mediano e interno (Fig. 33-34, 36-37, 39-40). O externo é a exoderme pluriestratificada, constituída por células que apresentam espessamento lignificado e cujo número de camadas aumenta em regiões mais velhas; em *V. flava* aumentou de quatro para sete camadas de células, em *A. distichantha* aumentou de duas para cinco camadas de células e em *B. nutans* aumentou de duas para nove camadas. O córtex mediano inicialmente

parenquimático tornar-se esclerenquimático em regiões mais velhas da raiz em *V. flava* (Fig. 33-34) e *B. nutans* (Fig. 39-40). O interno constitui-se de aerênquima e da endoderme. Esta última, em regiões mais velhas apresenta células com espessamento lignificado em “O”. Espaços intercelulares pouco evidentes podem ser observados no córtex externo e mediano, tanto em raízes imaturas quanto em maduras.

Em todas as espécies estudadas a exoderme é formada por células isodiamétricas em secção transversal, e alongadas em secção longitudinal, exceto as células de passagem, que são isodiamétricas nas duas secções. Em todas as Orchidaceae, em regiões mais jovens da raiz, ocorre no início espessamento em “U” nas paredes periclinais externas, e nas paredes anticlinais das células da exoderme, excetuando-se as células de passagem (Fig. 12-13, 18, 21, 25, 29). Em regiões mais velhas este espessamento em “U” mantém-se em *Isochilus lineares* e acentua-se em *Maxillaria marginata* (Fig. 19) e *Leptotes bicolor* (Fig. 29). Em *Oncidium flexuosum* e *Lophiaris pumila* o espessamento passa a ser em “O” nas regiões mais velhas.

Em *Vriesea flava*, *Aechmea distichantha*, *Billbergia nutans* e *Philodendron propinquum* o espessamento das células da exoderme é em toda a extensão e, dessa forma, com aspecto de “O” (Fig. 33-34, 36-37, 39-40). Com exceção de *Oncidium flexuosum* e *Lophiaris pumila*, em todas as espécies estudadas, foi observado que na região madura das raízes há aumento acentuado do espessamento nas paredes das células da exoderme, havendo redução do lume celular. As células de passagem, por sua vez, não sofrem espessamento de suas paredes (Tabela 2). Nas Orchidaceae ocorrem tilossomos do tipo esponjoso na parede da célula do velame em contato com a célula de passagem (Fig. 1).

	<b>Região Imatura</b>	<b>Região Madura</b>
<i>Isochilus linearis</i>	“U”	“U”
<i>Maxillaria marginata</i>	“U”	“U”
<i>Oncidium flexuosum</i>	“U”	“O”
<i>Lophiaris pumila</i>	“U”	“O”
<i>Leptotes bicolor</i>	“U”	“U”
<i>Vriesea flava</i>	“O”	“O”
<i>Aechmea distichantha</i>	“O”	“O”
<i>Billbergia nutans</i>	“O”	“O”
<i>Philodendron propinquum</i>	“O”	“O”

Tabela 2. Tipo do espessamento da exoderme na região imatura e madura das raízes das espécies estudadas.

O parênquima cortical nas Orchidaceae apresenta-se amplo com células isodiamétricas em secção transversal e alongadas em secção longitudinal e com paredes finas (Fig. 1-11). Em *Isochilus linearis* o parênquima cortical apresenta treze a quinze camadas de células quando imaturo (Fig. 1), e quinze a dezessete camadas quando maturo, em *Maxillaria marginata* o parênquima cortical na região imatura e matura da raiz apresenta oito a nove camadas (Fig. 4-5), em *Oncidium flexuosum* o parênquima cortical na região imatura e matura apresenta cinco a seis camadas (Fig. 6-7), em *Lophiaris pumilae* parênquima cortical imaturo e maturo apresenta de sete a oito camadas de células (Fig. 8-9), e em *Leptotes bicolor* o parênquima cortical na região imatura e matura da raiz apresenta sete a oito camadas de células (Fig. 10-11). As células das camadas corticais próximas à exoderme e à endoderme são menores do que as células da zona central, exceto *L. pumilae* em que somente as células das camadas corticais próximas a exoderme são menores do que as células da zona central (Fig. 1-11).

Idioblastos cristalíferos contendo ráfides estão presentes no córtex em *Isochilus linearis*, *Oncidium flexuosum* (Fig. 7), *Lophiaris pumilae* *Leptotes bicolor*. Já idioblasto traqueoidais estão presentes no parênquima cortical e medular de *Maxillaria marginata* (Fig. 5). Fungos micorrízicos estão presentes no parênquima de todas as espécies de Orchidaceae estudadas.

Nas Bromeliaceae na região imatura da raiz, o parênquima cortical mediano é constituído por células isodiamétricas em secção transversal, alongadas em secção longitudinal e com paredes delgadas. Em *Vriesea flava* apresenta três camadas de células (Fig. 33), em *Billbergia nutans* varia de quatro a oito (Fig. 39) e em *Aechmea distichantha* possui 12 camadas celulares (Fig. 36). Na região matura de raiz, em *V. flava* o número de camadas aumenta para nove e as células diferenciam paredes secundárias e lignificadas (Fig. 34); em *A. distichantha* não sofre alterações (Fig. 37) e em *B. nutans* há grande espessamento e lignificação das paredes celulares e o córtex mediano não mais se diferencia do externo. Nesta espécie em regiões mais velhas da raiz o córtex passa a se dividir em duas regiões, o córtex externo (exoderme de células com paredes lignificadas + células com paredes lignificadas do córtex mediano) e o córtex interno (Fig. 40). O córtex interno, aerenquimático, diferencia-se já em regiões mais jovens da raiz em *V. flava* e *B. nutans* (Fig. 33-34, 39-40) e somente em regiões mais velhas da raiz em *A. distichantha* (Fig. 36-37). O aerenquima do córtex interno diferencia-se por lise de células em *A. distichantha* e este processo ocorre em regiões mais velhas da raiz (Fig. 37). As lacunas apresentam formatos irregulares e são delimitadas por células isodiamétricas (*V. flava*) e isodiamétricas a irregulares (*A. distichantha* e *B. nutans*) (Fig. 33-34, 37, 39-40).

Na espécie de Araceae estudada, o parênquima cortical, também amplo, como nas Orchidaceae, é constituído por cerca de nove camadas de células isodiamétricas em secção transversal, alongadas em sentido longitudinal e de paredes delgadas. Nesta região, podem-se observar duas áreas distintas, uma externa com aproximadamente cinco camadas de células menores e dispostas aleatoriamente e uma interna de células mais amplas, radialmente alinhadas à endoderme, o que caracteriza esta camada mais interna do córtex como endoderme meristemática (Fig. 42-43). A exoderme constituída por três camadas de células, torna-se esclerificada em regiões mais velhas da raiz. Ductos secretores amplos, aparentemente de origem esquizógena, dispõem-se em círculo na área externa do córtex. Em regiões mais velhas, cerca de duas a três camadas de células que circundam os ductos secretores tornam-se esclerificadas (Fig. 43).

Em todas as espécies estudadas a endoderme é uniestratificada (Fig.45-62). As células são isodiamétricas em secção transversal e alongadas em secção longitudinal, com espessamentos em “O” ou em “U”. As células de passagem, presentes na endoderme, possuem paredes delgadas e estão localizadas opostas aos pólos de xilema (Fig.45-62). *Isochilus linearis*(Fig. 45-46),*Maxillaria marginata* (Fig. 47-48), *Oncidium flexuosum* (Fig. 49-50), *Lophiaris pumila*(Fig. 51-52),*Leptotes bicolor*(Fig. 53-54), *Vriesea flava* (Fig. 55-56)e*Philodendron propinquum* (Fig. 61-62)possuem endoderme na região imatura e matura da raizcom espessamento nas paredes periclinais internas e externas e anticlinais, constituindo o espessamento em “O”. Em *Aechmea distichantha* (Fig. 57-58)e *Billbergia nutans* (Fig. 59), as células da endoderme na região imatura da raiz, apresentam espessamento nas paredes anticlinais e na periclinal interna, constituindo o espessamento em“U”. Entretanto, em *B. nutans*em regiões mais velhas da raiz o espessamento também se estende à parede periclinal externa da célula endodérmica,que passa a apresentar o espessamento em “O”(Fig. 60) (Tabela 3).

O cilindro vascular é delimitado pelo periciclo, que é unisseriado com células de paredes delgadas na região imatura da raiz de todas as espécies estudadas (Fig. 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61). Em regiões mais velhas, ocorre o espessamento nas paredes de suas células em *Isochilus linearis*(Fig. 46), *Oncidium flexuosum* (Fig. 50),*Lophiaris pumila*(Fig. 52),*Leptotes bicolor* (Fig. 54),*Vriesea flava* (Fig. 56),*Billbergia nutans* (Fig. 60) e*Philodendron propinquum*(Fig.62).

	Região Imatura	Região Madura
<i>Isochilus linearis</i>	“O”	“O”
<i>Maxillaria marginata</i>	“O”	“O”
<i>Oncidium flexuosum</i>	“O”	“O”
<i>Lophiaris pumila</i>	“O”	“O”
<i>Leptotes bicolor</i>	“O”	“O”
<i>Vriesea flava</i>	“O”	“O”
<i>Aechmea distichantha</i>	“U”	“U”
<i>Billbergia nutans</i>	“U”	“O”
<i>Philodendron propinquum</i>	“O”	“O”

Tabela 3. Tipo do espessamento da endoderme na região imatura e madura das raízes das espécies estudadas.

Nas raízes de todas as espécies estudadas nota-se cilindrovascular com estrutura poliarca, formado por cordões dexilema alternados com cordões de floema. O protoxilema apresenta em média onze a quinze pólos nas raízes imaturas e maduras de *Isochilus linearis*(Fig. 1), dezesseis a vinte pólosnas raízes imaturas e vinte e um a vinte e cincopólosnas raízes maduras de *Maxillaria marginata*,onze a quinze pólos nas raízes imaturas e dezesseis a vinte pólosnas raízes maduras de *Oncidium flexuosum*(Fig. 6), seis a dez pólos nas raízes imaturas e onze a quinze pólos nas raízes maduras de *Lophiaris pumila*(Fig.8), seis a dez pólos nas raízes imaturas e maduras de *Leptotes bicolor*(Fig.10),onze a quinze pólos nas raízes imaturas e vinte e seis e trinta pólos nas raízes maduras de *Vriesea flava*, dezesseis a vinte pólosnas raízes imaturas e maduras de *Aechmea distichantha*(Fig.37), seis a dez pólos nas raízes imaturas e onze a quinze pólos nas raízes maduras de *Billbergia nutans*(Fig. 40)e de onze a quinze pólos nas raízes imaturas e maduras de *Philodendron propinquum*(Fig. 42-43) (Tabela 4). Elementos de vaso de diâmetro amplo isolados, que limitam a medula, são evidentes nas três últimas (Fig. 36-37, 39-40, 42-43) e em *O. flexuosum* (Fig. 6-7).

Em quase todas as espécies estudadas a medula é constituída deparênquima com célulasisodiamétricas em secção transversal e alongadas em secção longitudinal. Estas células apresentam paredes espessadas e lignificadas na região imatura e madura das raízes de *Oncidium flexuosum* (Fig. 49-50), *Lophiaris pumila*(Fig. 51-52), *Leptotes bicolor* (Fig. 53-54) e *Aechmea distichantha* (Fig. 57-58), sendo o espessamento mais acentuado em regiões mais velhas da raiz. Em *Isochilus linearis* (Fig. 45-46) e *Maxillaria marginata* (Fig. 47-48) o

espessamento na região central da medula ocorre em regiões mais velhas, mas é mais acentuado nas camadas perimedulares desde as regiões imaturas. Em *Vriesea flava* (Fig. 55-56), *Billbergia nutans* (Fig. 59-60) e *Philodendronpropinquum* (Fig. 61-62) a esclerificação ocorre em regiões mais velhas da raiz. Deve-se ressaltar que o processo de esclerificação nas espécies de Orchidaceae, em *V. flava* e na espécie de Araceae ocorre das regiões imaturas para as maduras, iniciando-se pelas células parenquimáticas situadas entre os cordões vasculares, prosseguindo pela bainha perimedular até a região central. A região central é acentuadamente esclerificada em *A. distichantha* (Fig. 58), *B. nutans*(Fig. 60) e *P. propinquum*(Fig.62).

	<b>Região Imatura</b>	<b>Região Madura</b>
<i>Isochilus linearis</i>	<b>11-15</b>	<b>11-15</b>
<i>Maxillaria marginata</i>	<b>16-20</b>	<b>21-25</b>
<i>Oncidium flexuosum</i>	<b>11-15</b>	<b>16-20</b>
<i>Lophiaris pumila</i>	<b>6-10</b>	<b>11-15</b>
<i>Leptotes bicolor</i>	<b>6-10</b>	<b>6-10</b>
<i>Vriesea flava</i>	<b>11-15</b>	<b>26-30</b>
<i>Aechmea distichantha</i>	<b>16-20</b>	<b>16-20</b>
<i>Billbergia nutans</i>	<b>6-10</b>	<b>11-15</b>
<i>Philodendron propinquum</i>	<b>11-15</b>	<b>11-15</b>

Tabela 4. Média do números de cordões de xilema-floema na região imatura e madura das raízes das espécies estudadas.

Nas raízes de *Isochilus linearis*, *Lophiaris pumilae* *Leptotes bicolor* observou-se a presença de amido. Material lipídico foi evidente em *I. linearis*, *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum*, *L. pumila*, *L. bicolor*, *Vriesea flava* e *Aechmea distichantha*. Verificou-se a ausência de compostos fenólicos em todas as espécies estudadas. Cloroplastídios ocorrem em *I. linearis*, *M. marginata*, *O. flexuosum*, *L. pumila*, *L. bicolor* e *Philodendron propinquum*.

## Discussão

No passado, as raízes eram vistas com a função de fixação da planta ao substrato e a absorção de água e sais minerais do solo, com organização interna relativamente estável

(Krauss 1949, Tomlinson 1969). Atualmente, sua função também está associada a adaptações morfológicas e anatômicas (Proenca & Sajo 2008).

A ocorrência de velame na raiz das espécies de Orchidaceae e Bromeliaceae descritas no presente trabalho foi registrada em vários estudos anatômicos com raízes de Orchidaceae (Stern & Whittentw 1999, Oliveira & Sajo 1999, Costa *et al.* 2012, Stern, Judd & Carlswad 2004, Silva & Milaneze-Gutierrez 2004a), Bromeliaceae (Krauss 1949, Tomlinson 1969, Pita & Menezes 2002, Segecin & Scatena 2004, Proenca & Sajo 2008, Sliva 2009) e Araceae (Ferreira *et al.* 2006, Oliveira 2011). Nestes estudos os autores buscaram relacionar a ocorrência de determinadas estruturas ao hábito e forma de crescimento dessas plantas e/ou ao ambiente onde elas vivem e destacaram que as formas epifíticas possuem raízes aéreas, geralmente com velame que absorve água e nutrientes e também evita a perda desse elemento.

Como já destacado acima, em todas as raízes das espécies de Orchidaceae e Bromeliaceae estudadas neste trabalho ocorre velame pluriestratificado, sendo que em algumas a última camada do velame é diferenciada no epivelame. Em representantes de Orchidaceae, Araceae, Bromeliaceae, Liliaceae, Dioscoriaceae, Taccaceae, Amarillidaceae e Comellinaceae o velame pode ser uniestratificado, biestratificado ou pluriestratificado (Fahn 1978, Mauseth 1988, Segecin & Scatena 2004). De acordo com Oliveira & Sajo (1999) o número de camadas do velame, pode estar relacionado a fatores ambientais, especialmente água e temperatura. Segecin & Scatena (2004) afirmam que a presença de velame em raízes de *Tillandsia* exercem a função de fixação, suporte e absorção, armazenamento de água e sais minerais nela diluídos, proteção mecânica, e ainda, a de evitar a transpiração excessiva, funções que auxiliam a sobrevivência dessas plantas em ambientes extremos de insolação, escassez de água, ventos constantes e atritos com o substrato, características do ambiente epifítico. Porém, Pita & Menezes (2002) observaram a presença de velame em espécies de *Dyckia* e *Encholirium* (Bromeliaceae) de hábito rupícola. Para Dycus & Knudson (1957) o velame além de promover a proteção mecânica também é responsável pela redução da perda de água através do córtex. Pridgeon (1982) em seu estudo feito com *Pleurothallidinae* (Orchidaceae) descreve que o velame também exerce a função de armazenamento de água.

As espécies de Orchidaceae estudadas apresentaram velame pluriestratificado, sendo de duas a quatro camadas de células em *Isochilus linearis*, *Lophiaris pumila* e *Leptotes bicolor* quando imaturo e maturo, e em *Oncidium flexuosum* quando imaturo; de cinco a sete camadas de células em *Maxillaria marginata* quando imaturo e em *O. flexuosum* quando maturo; de oito a dez camadas de células em *M. marginata* quando maturo; Benzing *et al.* (1982) observaram que, em raízes de *Sobralia macrantha* (Orchidaceae), a espessura do velame varia entre três a

quatro camadas de células, sendo portanto, pluriestratificado. Oliveira & Sajo (1999) estudaram nove espécies de orquídeas, e observaram velame biestratificado apenas em *Pleurothallis smithianae* *P. rupestris*, e nas demais se mostrou pluriestratificado. De acordo com as mesmas autoras, a presença de epivelame foi verificada nas raízes de *Catasetum fimbriatum* e *Stanhopea lietzei*. Silva *et al.* (2010) estudaram 13 espécies de orquídeas do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, e observaram a presença de velame pluriestratificado em *Zygopetalum brachypetalum*, *Z. mackayi*, *Oncidium barbaceniae* e *O. blanchetii*, *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum* biestratificado em *Pleurothallis prolifera*, *P. teres* e *Habenaria janeirensi*. Silva & Milaneze-Gutierrez (2004a) observaram o pluriestratificado em *Cattleya walkeriana*; assim como Moraes (2011) nas Zygopetalinae, *Dichaea pendula*, *D. trulla*, *Promenaea xanthina*, *Huntleya meleagris*, *Promenaea rollissonii*, *Warczewiczella wailesiana*, *Zygopetalum mackayi*, *Z. pedicellatum*, *Hoehneella gerhartiana*, *Koellensteinia tricolor* e *Paradisanthus micranthus*, e biestratificado em *Zygopetalum maxillare*, enquanto que a presença de epivelame foi verificada em *W. wailesiana*, *Huntleya meleagris*, *Z. mackayi*, *Z. pedicellatum*, *Hoehneella gerhartiana*, *Paradisanthus micranthus*, *Dichaea pendula* e *Koellensteinia tricolor*. Por sua vez, Piazza (2013) ao estudar as seis seções neotropicais de *Bulbophyllum* (Orchidaceae) verificou que na seção *Didactyle* uma espécie, *B. weddelli*, apresenta-se com velame biestratificado, e nas demais espécies e nas outras seções (*Bulbophyllaria*, *Furvescens*, *Micranthae*, *Napelli* e *Xiphizusa*) as espécies se apresentam com velame uniestratificado.

As espécies de Bromeliaceae estudadas também apresentam velame pluriestratificado. Velame pluriestratificado foi descrito em *Encholirium subsecundum*, *E. heloisae* e *Dyckia macedo* por Pita & Menezes (2002), em *Tillandsia crocata*, *T. gardneri*, *T. geminiflora*, *T. linearis*, *T. streptocarpa*, *T. stricta* e *T. recurvata* por Segecín & Scatena (2004), em 14 espécies de bromélias por Proença & Sajo (2008), em *Aechmea bromeliifolia*, *A. castelnavii*, *A. mertensi*, *Dyckia duckei*, *D. paraensis*, *D. racemosa*, *Tillandsia adpressiflora*, *T. didistachae* e *T. paraensis* por Silva (2009) e em *A. bromeliifolia*, *A. castelnavii*, *A. mertensii*, *Dyckia duckei*, *D. paraensis*, *D. racemosa*, *T. adpressiflora*, *T. didistachae* e *T. paraensis* por Silva & Scatena (2011a). A ocorrência de epivelame foi descrita por Segecín & Scatena (2004) em *T. linearis* por Silva & Scatena (2011a) em *A. bromeliifolia*.

A espécie de Araceae estudada apresentou epiderme radical uniestratificada, assim como verificado por Ferreira *et al.* (2006) nas raízes de *Dieffenbachia picta*, de hábito terrícola, e Lobo *et al.*, (2008) em *Dyckia brevifoliae* *D. distachya* (ambas Bromeliaceae de hábito rupícola).

Apesar de desde muito tempo na literatura ser descrita a ocorrência de velame em raízes de espécies de Araceae (Engler 1912), Matheus *et al.* (1997) e Vianna *et al.* 2001 descreveram em *Philodendrom lacerume* e *P. bipinnatifidum* também a ocorrência de epiderme uniestratificada e afirmaram que a organização da coifa, em corte transversal, daria a falsa impressão de tratar-se de uma epiderme pluriestratificada. Em *P. bipinnatifidum* a raiz quando madura, apresenta-se revestida pelo súber, cujas primeiras camadas de células apresentam paredes espessas e lignificadas. Estes estudos reforçam a importância da ontogenia na correta descrição dos tecidos.

Silva *et al.* (2010) das 13 espécies de orquídeas que estudaram do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais, observaram epiderme uniestratificada em *Habenaria hydrophila*, *H. macronectar*, *Prescottia montana* e *Cleistis gracilis*, todas ervas terrícolas. Por sua vez, Oliveira (2011) estudou as raízes aéreas de três espécies de Araceae: *Heteropsis flexuosa*, *Monstera obliqua* e *Philodendron solimoesense*, tendo observado que na primeira espécie, a periderme esteve formada por várias camadas de células, enfileiradas e originadas do córtex, com presença de lenticelas. Na segunda espécie, observaram epiderme unisseriada com apêndices epidérmicos, e na terceira, observaram periderme espessa e composta mais externamente por uma camada de súber. Finalmente, Kowalski (2013) observou epiderme uniestratificada em *Vriesea platynema*, uma Bromeliaceae epífita, mas que também pode habitar o solo ou a superfície de rochas.

Verificou-se em três espécies aqui estudadas, *Aechmea distichantha*, *Billbergia nutans* e *Philodendron propinquum*, presença de pêlos absorventes no velame ou na epiderme uniestratificada da última espécie. Acredita-se que nessas espécies, assim como naquelas estudadas por Segecin & Scatena (2004), Lobo *et al.* (2008), Pita & Menezes (2002), e Proença & Sajo (2008) a presença de pêlos além de exercer papel protetor, também desempenha a função de absorver água, conforme proposto por Silva & Scatena (2011a). Assim com Segecin & Scatena (2004), também acreditamos que a presença de pêlos absorventes no velame pode ser uma estratégia das espécies para aumentar a superfície de absorção de água.

Benzing *et al.* (1982) descreveram que as paredes da maioria das células do velame são finas, frequentemente com perfurações, que facilitam a passagem de água, mas que as paredes das células da camada mais profunda do velame, são espessas, e sobre cada célula de passagem, se encontra o corpo fibroso, responsável pela condensação da umidade atmosférica, antes da sua passagem para as células subjacentes de absorção. Esses autores também observaram o desenvolvimento de cloroplastos típicos em células corticais

periféricas, mas não na exoderme, quando expostas a luz. No ano seguinte, Pridgeon *et al.* (1983) denominaram o corpo fibroso de tilossomo (do gregotilos= fibra + soma= corpo). Todas as espécies de orquídeas aqui estudadas possuem tilossomo em suas raízes. Tilossomos também foram verificados em Orchidaceae por Silva *et al.* (2010) em raízes de *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Zygopetalum brachypetalum*, *Z. mackayi*, *Prescottia montana*, *Oncidium barbaceniae* e *O. blanchetii*, assim como por Benzing *et al.* (1982) nas raiz de *Sobralia macrantha*, e por Pridgeon *et al.* (1983) que estudaram 350 espécies, em 175 gêneros, 32 subtribos e cinco subfamílias, das quais 95 espécies, em 39 gêneros, 14 subtribos e 3 subfamílias apresentaram tilossomo, ficando evidente que tais corpos fibrosos ocorrem quase exclusivamente em táxons epifíticos.

As raízes das espécies estudadas apresentam exoderme de uniestratificada a pluriestratificada, com células de passagem. Possivelmente, a presença de exoderme pode ser uma resposta contra a perda de água e maior proteção mecânica (Silva & Scatena 2011a), sendo uma característica comum nas Orchidaceae (Benzing *et al.* 1982, Pridgeon & Stern 1982, Stern *et al.* 2004). Por sua vez, a espécie de *Philodendron* as espécies de bromélias estudadas apresentam exoderme pluriestratificada, característica comum nas Bromeliaceae (Pita & Menezes 2002, Segecin & Scatena 2004, Proenca & Sajo 2008). O grau de espessamento das paredes das células do velame e da exoderme varia em função da umidade relativa do ar (Dycus & Knudson 1957).

O parênquima cortical está presente em todas as espécies analisadas, tornando-se esclerenquimático em regiões mais velhas da raiz de *Vriesea flava* e *Billbergia nutans* (Bromeliaceae). Idioblasto traqueoidais estão presentes no parênquima cortical e medular de *Maxillaria marginata*. De acordo com Olatunji & Nengim (1980) a presença de espessamento secundário nestas paredes celulares está associada a funções de suporte mecânico. Já idioblastos cristalíferos contendo ráfides estão presentes no córtex em *Isochilus linearis*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiaris pumila* e *Leptotes bicolor*. Idioblastos com ráfides também foram verificados nas espécies estudadas por Oliveira & Sajo (1999). Segundo Shushan (1959) idioblastos contendo ráfides foram formados por uma divisão desigual nas células do meristema fundamental, e podem estar relacionados com o equilíbrio osmótico da planta (Bonates, 1993). Já para Prychid & Rudall (2000) os cristais aciculares possuem a função de prevenção contra ataque de herbívoros.

O parênquima cortical de *Philodendron propinquum* apresenta ductos secretores amplos, os quais também foram observados por Vianna *et al.* (2001) em *P. bipinnatifidum*. Nas espécies de Orchidaceae e na espécie de Araceae analisadas neste trabalho observou-se

presença de cloroplastídio no parênquima. Característica também observada por Mayo *et al.*, (1997) em Araceae e por Kedrovski *et al.* (2013) em *Acianthera luteola*, *A. glanduligerar*, *A. panduripetala*, *A. pubescens*, *A. saundersiana* e *A. serpentula*. Portanto, na raiz destas espécies também ocorre fotossíntese.

O parênquima das espécies de bromélias estudadas se diferencia das outras espécies estudadas, por se apresentar dividido em externo, mediano e interno. Neste último, constitui-se de aerênquima. Esta divisão também foi observada nas espécies do gênero *Tillandsia* (Bromeliaceae) estudadas por Segecin & Scatena (2004). Segundo Meyer (1940), os espaços intercelulares presentes no córtex interno das raízes de Bromeliaceae têm a função de transportar a água por capilaridade e para Segecin & Scatena (2004), como as epífitas atmosféricas ou espécies que vivem na porção superior da floresta, que estão sob constante estresse hídrico, esta é uma estratégia que aumenta a velocidade no transporte de água, aproveitando melhor a sua disponibilidade.

Em todas as espécies estudadas a endoderme e o periciclo são uniestratificados, características também relatadas em Orchidaceae por Oliveira & Sajo (1999), Silva *et al.* (2010), Kedrovski *et al.* (2013), assim nas Bromeliaceae analisadas por Silva & Scatena (2001), Pita & Menezes (2002), Segecin & Scatena (2004), Silva (2009) e, em Araceae por Oliveira (2011). Diferentemente Vianna *et al.* (2001) observaram que em *Philodendron bipinnatifidum* periciclo encontra-se constituído por uma a duas camadas de células.

Quanto à endoderme, o espessamento da parede das células é uma característica adaptativa ao ambiente epifítico (Silva & Scatena 2001, Segecin & Scatena 2004, Proenca & Sajo 2008, Lobo *et al.* 2008). Células de passagem, presentes na endoderme de todas as espécies em estudo possuem paredes delgadas e estão localizadas opostamente aos pólos de xilema, característica também descrita em Orchidaceae por Silva & Milaneze-Gutierrez (2004), Silva *et al.* (2010) e Kedrovski *et al.* (2013) e em Bromeliaceae por Pita & Menezes (2002) e Silva & Scatena (2011a).

Nas raízes de todas as espécies estudadas nota-se o cilindro vascular com estrutura poliarca, formado por cordões de xilema alternados com cordões de floema, características também relatadas em Orchidaceae por Oliveira & Sajo (1999), Silva & Milaneze-Gutierrez (2004), Silva *et al.* (2010), Kedrovski *et al.* (2013) e em Bromeliaceae por Silva (2009), Proenca & Sajo (2008), Silva & Scatena (2011a) e Lobo *et al.* (2008).

As espécies analisadas neste trabalho apresentam medula constituída por células parenquimáticas. Sendo totalmente esclerificadas quando imatura e matura em

*Isochilus linearis*, *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiariis pumila*, *Leptotes bicolor* e *Aechmea distichantha*, esse tornando esclerificadas quando matura em *Vriesea flava*, *Billbergia nutans* e *Philodendrom propinquum*, características também citadas em Orchidaceae por Kedrovski *et al.* (2013), em Bromeliaceae por Segecin & Scatena (2004), Proenca & Sajo (2008) e Lobo *et al.* (2008) e em Araceae por Vianna *et al.* (2001) e por Ferreira *et al.* (2006).

Cloroplastídios foram observados nas células parenquimáticas do córtex e do cilindro central de *Isochilus linearis*, *Maxillaria marginata*, *Oncidium flexuosum*, *Lophiariis pumila*, *Leptotes bicolor* e *Philodendrom propinquum*. Segundo Benzing (1975) os cloroplastídios presentes nas células das raízes de orquídeas epífitas são funcionais.

Fungos endomicorrízicos ocorrem nas espécies de orquídeas estudadas no presente trabalho. Segundo Souza & Lorenzi (2005), em geral, observam-se, nas raízes das epífitas, associações do tipo endomicorrízicas que aumentam a capacidade de absorção de nutrientes.

Os resultados descritos no presente trabalho permitem-nos afirmar que as características anatômicas relacionadas com o ambiente epifítico observadas nas raízes das espécies estudadas foram: velame, tilossomo, exoderme e endoderme espessas, idioblasto traqueoidais, idioblastos com ráfides e aerênquima.

Nas espécies estudadas, o velame esteve ausente somente em *Philodendrom propinquum*, já que é uma epífita primária de estrato baixo e sombreado, e com raízes em contato com o solo, não necessitando mais da proteção do velame. O número de camadas do velame está relacionado com o local de onde a espécie se encontram, protegendo-as contra perda de água, assim quanto maior o número de camadas do velame, maior é a proteção que as espécies necessitam. Nas Orchidaceae, *Isochilus linearis*, *Lophiariis pumila* e *Leptotes bicolor* apresentam na região matura do velame 2-4 camadas e são espécies de estrato médio e sombreados, *Oncidium flexuosum* apresenta na região matura do velame 5-7 camadas e é de estrato médio e ensolarado, já *Maxillaria marginata* apresenta na região matura do velame 8-10 camadas e é de local alto e ensolarado. Nas Bromeliaceae, *Vriesea flava* apresenta na região matura do velame 5-7 camadas e é de local baixo e sombreado, *Billbergia nutans* apresenta na região matura do velame 8-10 camadas e é de local médio e sombreado, e por fim, *Aechmea distichantha* apresenta na região matura do velame 11-12 camadas e pode ser de local baixo/médio e ensolarado/sombreado. Já a presença de cloroplastídio e amido nas raízes das orquídeas estudadas e ausência nas raízes de bromélias estudadas, é devido ao fato de muitas espécies de Orchidaceae perderem suas folhas durante o inverno, sendo muito importante o papel das raízes para as orquídeas durante este período do ano. E o espessamento

nas paredes da endoderme e exoderme presente em todas as espécies estudadas garantem a proteção contra perda de água por meio das raízes.

### Agradecimentos

À Dra. Maria Auxiliadora Milaneze-Gutierre pelo auxílio na coleta e identificação de algumas espécies, e à Dra. Rosângela Capuano Tardivo pela identificação das espécies de bromélias. A CAPES, pela bolsa de mestrado de S. C. Herreiro.

### Referências Bibliográficas

- Barros, F. 1990. Diversidade taxonômica e distribuição geográfica das Orchidaceae brasileiras. **Acta Botanica Brasilica** 4: 177-187.
- Barros, F. de; Vinhos, F.; Rodrigues, V.T.; Barberena, F.F.V.A.; Fraga, C.N.; Pessoa, E.M.; Forster, W.; Menini Neto, L.; Furtado, S.G.; Nardy, C.; Azevedo, C.O.; Guimarães, L.R.S. *Orchidaceae*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB179>>. Acesso em: 23 Jul. 2014.
- Benzing, D. H. 1975. Vascular Epyphites. **Forest Canopies**. 2ª edição. Margaret Lowman & H. Bruce Rinker.
- Benzing, D.H.; Ott, D.W. & Friedman, W.E. 1982. Roots of *Sobralia macrantha* (Orchidaceae): structure and function of the velamen-exodermis complex. **American Journal Botany** 69(4): 608-614.
- Berlyn, G.P.; Miksche, J.P. 1976. **Botanical Microtechnique and Citochemistry**. Ames, The Iowa State University Press.
- Burger, L. M., Richter, H. G. 1991. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 154 p.
- Chase, M.W.; Barrett, R.L.; Cameron, K.M.; Freudenstein, J.V. 2003. Dna data and orchidaceae systematics: a new phylogenetic classification. In: Dixon KM, editor. **Orchid conservation**. Malaysia: Natural History Publications. p. 69-89.
- Coelho, M.A.N. 2000. *Philodendron* Schott (Araceae): morfologia e taxonomia das espécies da reserva ecológica de Macaé de Cima – Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia** 51 (78-79): 21-68.
- Coelho, M.A.N.; Sakuragui, C.M.; Mayo, S.; Soares, M.L.; Temponi, L.G.; Calazans, L.S.B.; Gonçalves, E.G.; Andrade, I.M. de; Pontes, T.A. 2014. *Araceae* in **Lista de Espécies da**

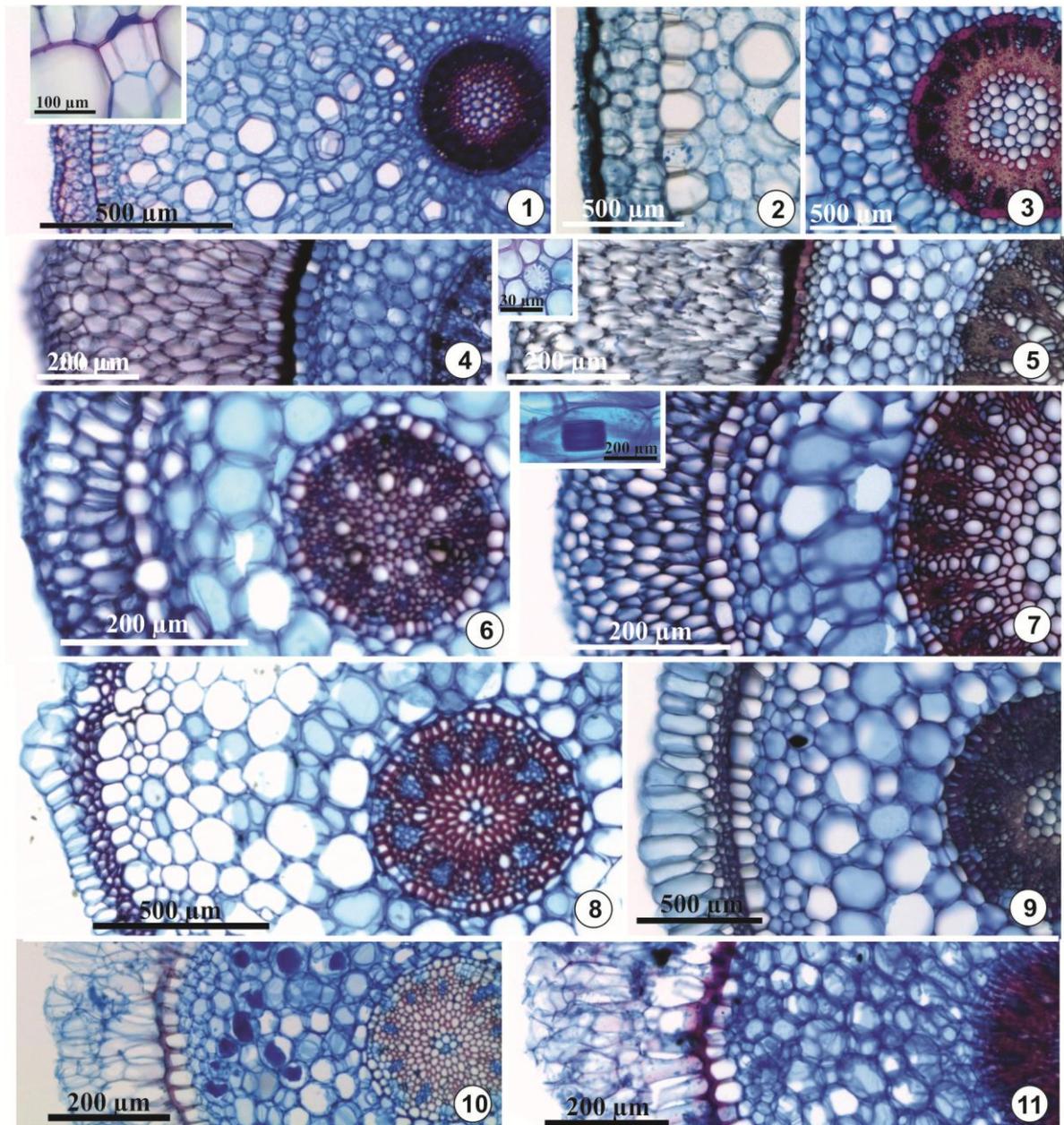
- Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB51>>. Acesso em: 23 Jul. de 2014.
- Costa, N. M.; Silva, N. A.; Carvalho, R. De.; Saoncella, A. L.; Souza-Leal, T. De. & Pedroso-de-Moraes, C. 2012. Anatomia radicial de *Oncidium flexuosum* Sims. e *Oncidium Sharry Baby* (Orchidaceae). **Natureza on line**10 (4): 179-182.
- Dressler, R.L. 1981. **The Orchids: natural history and classification**. Cambridge: Harvard University Press.
- Dressler, R.L. 1993. **Phylogeny and classification of the orchid family**.Portland: Dioscorides Press.
- Dycus, A.M. & Knudson, L. 1957.The role of the velamen of the aerial roots of orchids.**Botanical Gazette** 119: 78-87.
- Eames, A.J. & Macdaniels, L.H. 1947.**An Introduction to Plant Anatomy**.London, MacGraw-Hill Books.
- Engler, A. 1912.Araceae-Philodendroideae-Philodendreae. Allgemeiner Teil, Homalomeninae und Schismatoglottidinae. p. 1-134. In: A. Engler (Ed.), **Das Pflanzenreich**55 (IV. 23 Da).
- Englert, S.I. 2000. **Orquídeas e Bromélias: manual prático de cultivo**. Guaíba: Agropecuária.
- Esau, K. 1976. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda.
- Fahn, A. 1978. **Anatomia Vegetal**. Madrid, H. Blume Ediciones.
- Ferreira, L. de S.; Marsola, F. J.& Teixeira, S. de P. 2006. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Dieffenbachia picta* Schott (Araceae) com ênfase na distribuição de cristais, laticíferos e grãos de amido. **Revista Brasileira de Farmacognosia. Brazilian Journal of Pharmacognosy** 16: 664-670.
- Fontoura, T. 1995. Distribution patterns of five Bromeliaceae genera in Atlantic Rain Forest. **Selbyana** 16 (1): 79-93.
- Forzza, R.C.; Costa, A.; Siqueira Filho, J.A.; Martinelli, G.; Monteiro, R.F.; Santos-Silva, F.; Saraiva, D. P.; Paixão-Souza, B.; Louzada, R.B.; Versieux, L. 2014. *Bromeliaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB66>>. Acesso em 01 de julho de 2014.
- French, J.C.; Chung, M.G.; Jur, Y K. 1995.Chloroplast DNA phylogeny of the Ariflorae.In: Rudall, P. J., Cribb, P. J. Cuttler, D. F., Humphries. **Monocotyledons: systematics and evolution**.Royal Botanic Gardens, Kew.p. 255-275.

- Givnish, T.J.; Millam, K. C.; Berry, P.E.; Sytsma, K.J. **Phylogeny, Adaptive Radiation, and Historical Biogeography of Bromeliaceae Inferred from ndhF Sequence Data**. *Aliso*, v.23, pp. 3–26.2007.
- Horridge, G.A.; Tamm, S.L. 1969. Critical Point Drying for Scanning Electron Microscopy Study of Ciliary Motion. **Science** **163**: 817-818.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant Microtechnique**. New York, McGraw-Hill Book Company.
- Kaiser, E. 1880. Verfahren zur Herstellung einer tadellosen Glycerin- Gelatine. **Botanisch zentralb** **1880**: 25-26.
- Kedrovski, H R.; Fade, G. C. & Rodrigues, A. C. 2013. MORFOANATOMIA DA RAIZ DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Acianthera* SCHEIDW. (PLEUROTHALLIDINAE: ORCHIDACEAE). **64º Congresso Nacional de Botânica Belo Horizonte, 10-15 de Novembro de 2013**.
- Kowalski, V. K. 2013. **O Grupo *Vriesea platynema* Gaudich. (Tillandsioideae, Bromeliaceae) no estado do Paraná: aspectos taxonômicos e anatômicos**. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva da Universidade Estadual de Ponta Grossa em associação com a Universidade Estadual do Centro Oeste. Ponta Grossa.
- Krauss, B.H. 1949. Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr.III – The root and the cork. **Botanical Gazette** **110**: 550-587.
- Kress, J.W. 1986. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update. **Selbyana** **9**: 2-22.
- Lobo, G. M.; Voltolini, C. H.; Reis, A.& Santos, M. 2008. Morfoanatomia de raízes adventícias das reófitas *Dyckia brevifolia* Baker e *D. distachya* Hassler (Bromeliaceae). **Insula** **37**: 81–94.
- Luther, H.E. **An alphabetical list of Bromeliad binomials**.2008. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/25432977/Alphabetical-List-of-Bromeliad-Binomials>> Acesso : 14 jul. 2012.
- Matheus, M.; Wee, M. L. & Ho, K. K. 1997. Growth and development of aerial roots of a tropical ornamental, *Philodendron lacerum*. **Journal of Horticultural Science** **72**: 27-34
- Mauseth, J.D. 1988. **Plant anatomy**. Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, California.
- Mayo, S.J.; Bogner, J.; Boyce, P.C. 1997. **The genera of Araceae**. **The Trustees**. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Meyer, L. 1940. Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Bromeliaceenwurzeln. **Planta** **31**:492-522.

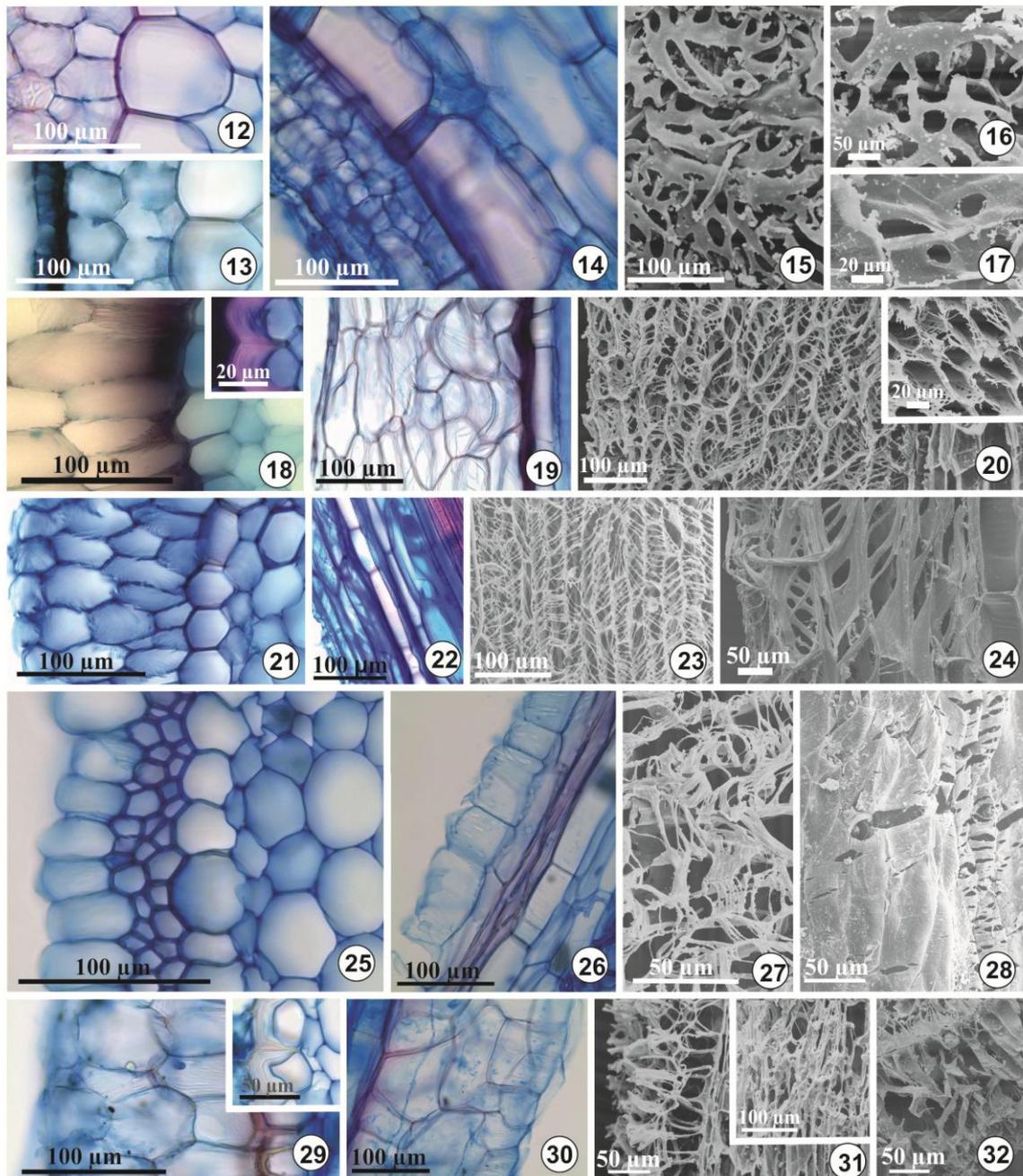
- Moraes, C. P. de. 2011. **Anatomia dos Órgãos Vegetativos de Representantes Brasileiros de Zygopetalinae (Orchidaceae) e sua Relação com a Taxonomia da Subtribo**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011. 48 f. Tese (doutorado) - Instituto de Biociências, do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- Olatunji, O.A; Nengim, R.O. 1980. Occurrence and distribution of tracheids elements in Orchidaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**80: 357-370.
- Oliveira, R. F. M. de. 2011. **Aspectos etnobotânicos e taxonômicos de Araceae Juss. na comunidade Santa Maria, Baixo rio Negro, AM**. Manaus : INPA, 2011. 119 f. Dissertação (mestrado) - Programa De Pós-Graduação Em Botânica. INPA, Manaus.
- Oliveira, V. C.; Sajo, M.G. 1999. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. **Revista Brasileira de Botânica**22: 365-374.
- Piazza, L. D. 2013. **Evolução dos caracteres anatômicos dos órgãos vegetativos de espécies de *Bulbophyllum* Thouars (Orchidaceae, Epidendroideae) neotropicais**. UFPR, 2013. Curitiba, 2013. 94 f. Dissertação (mestrado) - Programa De Pós-Graduação de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Curitiba.
- Pita, P.B. & Menezes, N.L. 2002. Anatomia da raiz de espécies de *Dyckia* Schult. f. e *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Bromeliaceae, Pitcaimioideae) da Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil), com especial referência ao velame. **Revista Brasileira de Botânica**25: 25-34.
- Porembski, S.; Barthlott, W. 1988. Velamen radicum micromorphology and classification of Orchidaceae. **Nordic Journal of Botany**8: 117-137.
- Pridgeon, A.M. 1982. Diagnostic anatomical characteres in the *Pleurothallidinae* (Orchidaceae). **American Journal of Botany** 69(6): 921-938.
- Pridgeon, A.M.; Stern, W.L.; Benzing, D.H. 1983. Tilosomes in roots of Orchidaceae: Morphology and systematic occurrence. **American Journal Botany**70(9): 1365-1377.
- Proença, S. L. & Sajo, M. G. 2008. Rhizome and root anatomy of Bromeliaceae. **Rodriguésia** 59 (1):113-128.
- Prychid, C.J. & Rudall, P.J. 2000. Distribution of calcium oxalate crystals in monocotyledons. In: K.L. Wilson & D.A. Morrison (eds.). **Monocots: Systematics and Evolution**. Csiro Publishing, Australia.
- Rawlins, T.E.; Takahashi, W.N. 1952. **Technics of Plant Histochemistry and Virology**. The National Press, Millbrae, California.

- Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G.; Vicentini, A.; Sothers, C.A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; Martins, L.H.P.; Lohmann, L.G.; Assunção, E.C.; Pereira, E.C.; Silva, C.F.; Mesquita, M.R. & Procópio, L. C. 1999. Flora da Reserva Ducke: **Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra Firme da Amazônia Central**. INPA, Manaus.
- Richard, P.W. 1952. **The tropical rain forest: an ecological study**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ruzin, S.E. 1999. **Plant microtechnique and microscopy**. New York, Oxford University Press.
- Segecin, S. & Scatena, Y.L. 2004. Morfoanatomia de rizomas e raízes de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 18: 253-260.
- Shushan, S. 1959. A anatomia do desenvolvimento de uma orquídea *Cattleya* x *TRIMOS*. In Withner, C.L. (Ed.). **As orquídeas: estudos científicos**. New York: Wiley.
- Silva, C. I. da. & Milaneze-Gutierrez, M. A. 2004a. Caracterização morfo-anatômica dos órgãos vegetativos de *Cattleya walkeriana* Gardner (Orchidaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences** 26(1): 91-100.
- Silva, C. I. da. & Milaneze-Gutierrez, M. A. 2004b. Caracterização das sementes e das primeiras fases do ciclo de vida de *Cattleya walkeriana* Gardner (Orchidaceae). **Arquivos da Apadec** 8(2): 22-26.
- Silva, I. V. da. 2009. **Anatomia e desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae (Poales) da Amazônia- MT**. Unesp. Tese (doutorado) - Programa De Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Biociências – Rio Claro.
- Silva, I. V. da; Strozi, R. M. A. M. & Azevedo, A. A. 2010. Anatomia de raízes de espécies de Orchidaceae do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais. **Hoehnea** 37(1): 147-161.
- Silva, I.V. & Scatena, V. L. 2011a. Anatomia de raízes de nove espécies de Bromeliaceae (Poales) da região amazônica do estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta botanica brasílica** 25(3): p.618-627.
- Silva, I.V. & Scatena, V. L. 2011b. Morfologia de sementes e de estádios iniciais de plântulas de espécies de Bromeliaceae da Amazônia. **Rodriguésia** 62(2): 263-272.
- Smith, L.B.; Downs, R.J. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). 1974. **Flora Neotropica Monograph. 14**: 1-64.

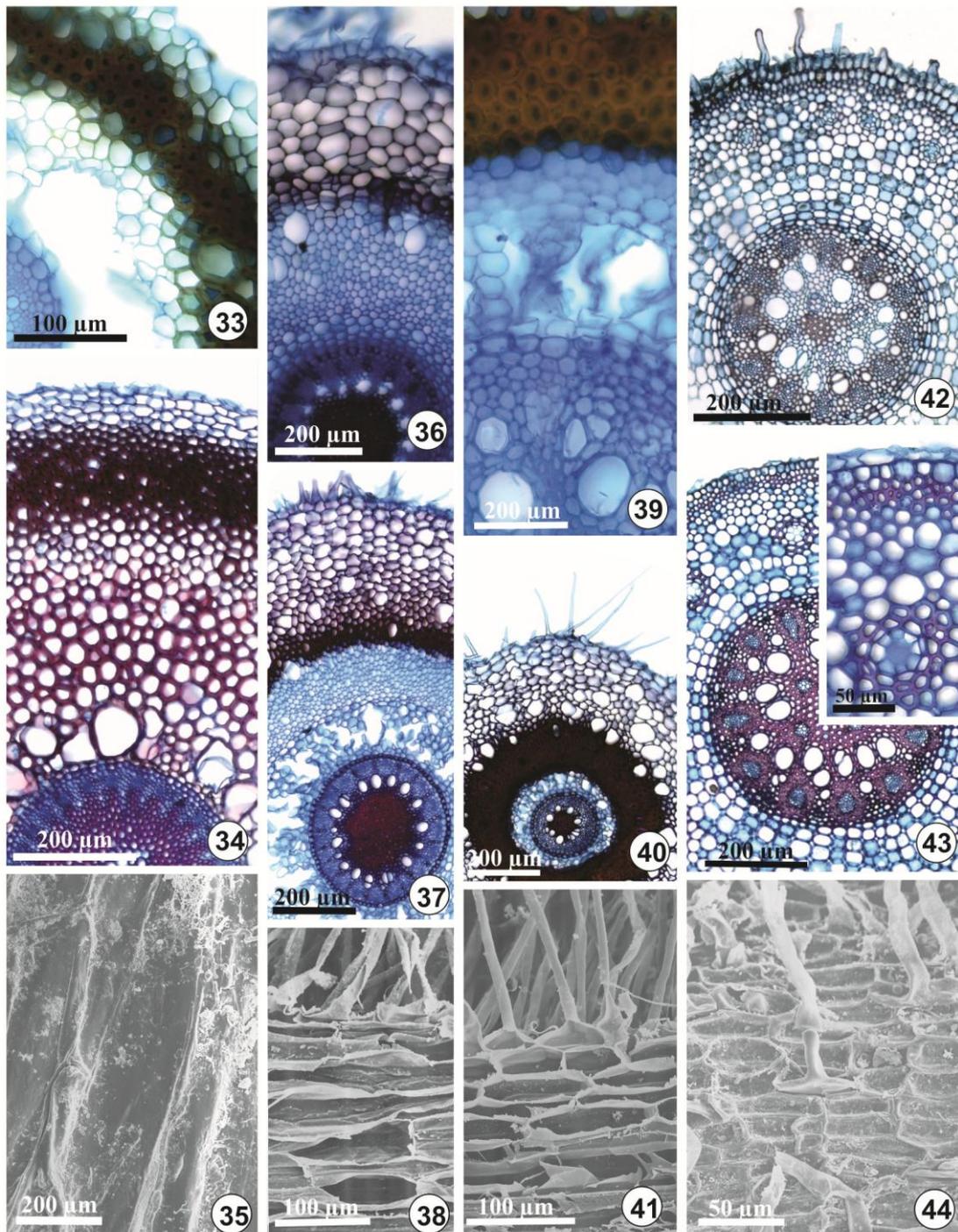
- Souza, C.V.; Lorenzi, H. 2005. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Plantarum.
- Stern, W. L. Whittenw, W. M. 1999. Comparative vegetative anatomy of Stanhopeinae (Orchidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**129:87-103.
- Stern, W. L.; Judd, W. S. & Carlswad, B. S. 2004. Systematic and comparative anatomy of Maxillarieae (Orchidaceae), *sans* Oncidiinae. **Botanical Journal of the Linnean Society**144: 251–274.
- Tomlinson, P.B. 1969. III - Commelinales-Zingiberales. In: METCALFE, C.R. (ed.). **Anatomy of the Monocotyledons**. Clarendon Press, Oxford.
- Vianna, W. De O.; Soares, M. K. M. & Apezato-da-Glória, B. 2001. Anatomia da raiz escora de *Philodendron bipinnatifidum* Schott (Araceae). **Acta botanica brasílica** 15(3): 313-332.



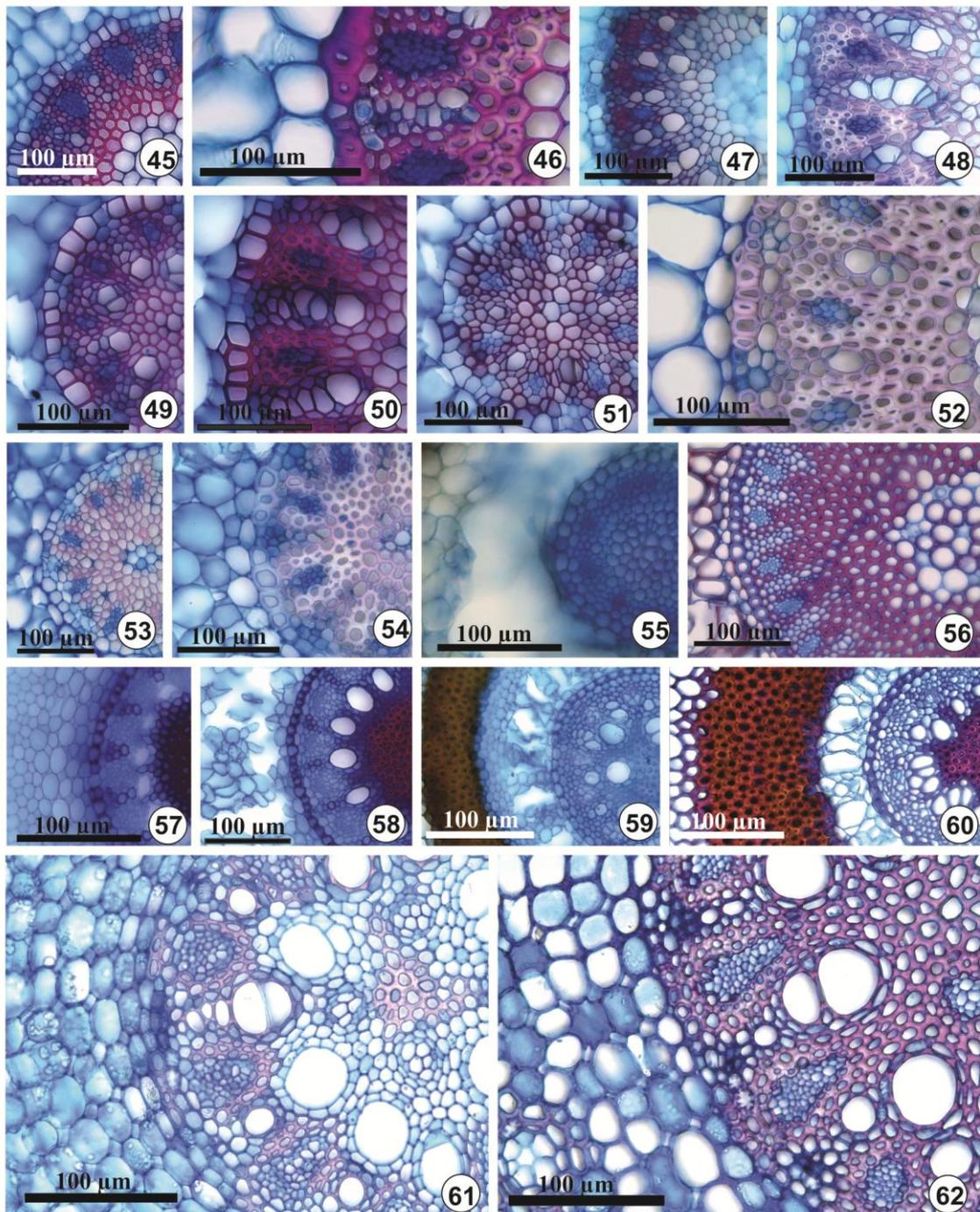
Figuras 1-11: Aspecto geral das raízes de Orchidaceae em secção transversal em região imatura (esquerda) e em região mais velha (direita). 1-3: *Isochilus linearis* (foto menor em 1 evidenciando tilossomo na exoderme); 4-5: *Maxillaria marginata* (foto menor em 5 evidenciando elemento traqueoidal no parênquima medular); 6-7: *Oncidium flexuosum* (foto menor em 7 evidenciando idioblasto cristalífero contendo ráfides no parênquima cortical); 8-9: *Lophiaris pumila*; 10-11: *Leptotes bicolor*.



Figuras 12-32: Fotomicrografias e eletromicrografias (MEV) evidenciando o velame em secção transversal (12-13, 16, 18, 20, 21, 25, 29, 32), longitudinal (14, 17, 19, 22, 24, 26, 30-31) e em vista superficial (15, 20, 23, 27-28, 31) na raiz imatura (12, 15-16, 18, 20-21, 23, 27, 29-30) e matura (14, 17, 19, 22, 26, 31-32). 12-17: *Isochilus linearis*; 18-20: *Maxillaria marginata*, evidenciando em 18 (foto menor) o espessamento da exoderme na raiz matura e em 20 (foto menor) células do velame em secção transversal na raiz matura; 21-24: *Oncidium flexuosum*; 25-28: *Lophiaris pumila*; 29-32: *Leptotes bicolor*, evidenciando em 29 (foto menor) o espessamento da exoderme na raiz matura e em 31 (foto menor) células do velame em vista superficial na raiz matura.



Figuras 33-44: Fotomicrografias (33-34, 36-37, 39-40, 42-43) e eletromicrografias (MEV) (35, 38, 41, 44) de Bromeliaceae (33-41) e Araceae (42-44) em secção transversal (33-34, 36-37, 39-40, 42-43), longitudinal (38, 41) e em vista superficial (35, 44) da raiz imatura (33, 36, 38-39, 41-42) e madura (34, 37, 40, 43). 33-35: *Vriesia flava*; 36-38: *Aechmea distichantha*; 39-41: *Billbergia nutans*; 42-44: *Philodendron propinquum*, evidenciando em 43 (foto menor) a exoderme pluriestratificada e com células de paredes lignificadas e ducto secretor circundado por células esclerificadas.



Figuras 45-62: Pormenores em secção transversal da endoderme e do cilindro central das raízes imatura (esquerda) e madura (direita). 45-46: *Isochilus linearis*; 47-48: *Maxillaria marginata*; 49-50: *Oncidium flexuosum*; 51-52: *O. pumilum*; 53-54: *Leptotes bicolor*; 55-56: *Vriesia flava*; 57-58: *Aechmea distichantha*; 59-60: *Billbergia nutans*; 61-62: *Philodendron propinquum*.

## ANEXO 1

### Normas da revista *Acta Botanica Brasilica*

A **Acta Botanica Brasilica (Acta bot. bras.)** publica artigos originais, comunicações curtas e artigos de revisão, estes últimos apenas a convite do Corpo Editorial. Os artigos são publicados em Português, Espanhol e Inglês e devem ser motivados por uma pergunta central que mostre a originalidade e o potencial interesse dos mesmos aos leitores nacionais e internacionais da Revista. A Revista possui um espectro amplo, abrangendo todas as áreas da Botânica. Os artigos submetidos à *Acta bot. bras.* devem ser inéditos, sendo vedada a apresentação simultânea em outro periódico.

**Sumário do Processo de Submissão.** Manuscritos deverão ser submetidos por um dos autores, em português, inglês ou espanhol. Para facilitar a rápida publicação e minimizar os custos administrativos, a ***Acta Botanica Brasilica*** aceita somente Submissões On-line. **Não envie documentos impressos pelo correio.** O processo de submissão on-line é compatível com os navegadores Internet Explorer versão 3.0 ou superior, Netscape Navigator e Mozilla Firefox. Outros navegadores não foram testados.

**O autor da submissão será o responsável pelo manuscrito no envio eletrônico e por todo o acompanhamento do processo de avaliação.**

Figuras e tabelas deverão ser organizadas em arquivos que serão submetidos separadamente, como documentos suplementares. Documentos suplementares de qualquer outro tipo, como filmes, animações, ou arquivos de dados originais, poderão ser submetidos como parte da publicação.

Se você estiver usando o sistema de submissão on-line pela primeira vez, vá para a página de '[Cadastro](#)' e registre-se, criando um 'login' e 'senha'. Se você está realmente registrado, mas esqueceu seus dados e não tem como acessar o sistema, clique em '[Esqueceu sua senha](#)'.

O processo de submissão on-line é fácil e auto-explicativo. São apenas 5 (cinco) passos. Tutorial do processo de submissão pode ser obtido em <http://www.botanica.org.br/ojs/public/tutorialautores.pdf>. Se você tiver problemas de acesso ao sistema, cadastro ou envio de manuscrito (documentos principal e suplementares), por favor, entre em contato com o nosso [Suporte Técnico](#).

**Custos de publicação.** O artigo terá publicação gratuita, se pelo menos um dos autores do manuscrito for **associado da SBB, quite com o exercício correspondente ao ano de publicação**, e desde que o número de páginas impressas (editadas em programa de editoração eletrônica) não ultrapasse o limite máximo de 14 páginas (incluindo figuras e tabelas). Para cada página excedente assim impressa, será cobrado o valor de R\$ 35,00. A critério do Corpo Editorial, mediante entendimentos prévios, artigos mais extensos que o limite poderão ser aceitos, **sendo o excedente de páginas impressas custeado pelo(s) autor(es)**. Aos autores não-associados ou associados em atraso com as anuidades, serão cobrados os custos da publicação por página impressa (R\$ 35,00 por página), a serem pagos quando da solicitação de leitura de prova editorada, para correção dos autores. No caso de submissão de figuras coloridas, **as despesas de impressão a cores serão repassadas aos autores (associados ou não-associados)**, a um custo de R\$ 600,00 reais a página impressa.

Seguindo a política do Open Access do Public Knowledge Project, assim que publicados, os autores receberão a URL que dará acesso ao arquivo em formato Adobe® PDF (Portable Document Format). Os autores não mais receberão cópias impressas do seu manuscrito publicado.

**Publicação e processo de avaliação.** Durante o processo de submissão, os autores deverão enviar uma carta de submissão (como um documento suplementar), explicando o motivo de publicar na Revista, a importância do seu trabalho para o contexto de sua área e a relevância científica do mesmo. Os manuscritos submetidos serão enviados para assessores, a menos que não se enquadrem no escopo da Revista. Os manuscritos serão sempre avaliados por dois especialistas que terão a tarefa de fornecer um parecer, tão logo quanto possível. Um terceiro assessor será consultado caso seja necessário. Os assessores não serão obrigados a assinar os seus relatórios de avaliação, mas serão convidados a fazê-lo. O autor responsável pela submissão poderá acompanhar o progresso de avaliação do seu manuscrito, a qualquer tempo, **desde que esteja logado no sistema da Revista.**

**Preparando os arquivos.** Os textos do manuscrito deverão ser formatados usando a fonte Times New Roman, tamanho 12, com espaçamento entre linhas 1,5 e **numeração contínua de linhas**, desde a primeira página. Todas as margens deverão ser ajustadas para 1,5 cm, com tamanho de página de papel A4. Todas as páginas deverão ser numeradas seqüencialmente.

O manuscrito deverá estar em formato Microsoft® Word DOC (versão 2 ou superior). Arquivos em formato RTF também serão aceitos. Arquivos em formato Adobe® PDF não serão aceitos. **O documento principal não deverá incluir qualquer tipo de figura ou tabela. Estas deverão ser submetidas como documentos suplementares, separadamente.**

**O manuscrito submetido (documento principal, acrescido de documentos suplementares, como figuras e tabelas),** poderá conter até 25 páginas (equivalentes a 14 páginas impressas, editadas em programa de editoração eletrônica). Assim, antes de submeter um manuscrito com mais de 25 páginas, entre em contato com o [Editor-Chefe](#). Todos os manuscritos submetidos deverão ser subdivididos nas seguintes seções: 1. DOCUMENTO PRINCIPAL 1.1. Primeira página. Deverá conter as seguintes informações: a) Título do manuscrito, conciso e informativo, com a primeira letra em maiúsculo, sem abreviações. Nomes próprios em maiúsculo. Citar nome científico completo. b) Nome(s) do(s) autor(es) com iniciais em maiúsculo, com números sobrescritos que indicarão, em rodapé, a afiliação Institucional. Créditos de financiamentos deverão vir em Agradecimentos, assim como vinculações do manuscrito a programas de pesquisa mais amplos (não no rodapé). Autores deverão fornecer os endereços completos, evitando abreviações. c) Autor para contato e respectivo e-mail. O autor para contato será sempre aquele que submeteu o manuscrito. 1.2. Segunda página. Deverá conter as seguintes informações: a) RESUMO: em maiúsculas e negrito. O texto deverá ser corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo. Deverá ser precedido pelo título do manuscrito em Português, entre parênteses. Ao final do resumo, citar até 5 (cinco) palavras-chave à escolha do(s) autor(es), em ordem alfabética, não repetindo palavras do título. b) ABSTRACT: em maiúsculas e negrito. O texto deverá ser corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo. Deverá ser precedido pelo título do manuscrito em Inglês, entre parênteses. Ao final do abstract, citar até 5 (cinco) palavras-chave à escolha do(s) autor(es), em ordem de alfabética. Resumo e abstract deverão conter cerca de 200 (duzentas) palavras, contendo a abordagem e o contexto da proposta do estudo, resultados e conclusões. 1.3. Terceira página e subsequentes. Os manuscritos deverão estar estruturados em Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Agradecimentos e Referências bibliográficas, seguidos de uma lista completa das legendas das figuras e tabelas (se houver), lista das figuras e tabelas (se houver) e descrição dos documentos suplementares (se houver). 1.3.1.

Introdução. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. O texto deverá conter: a) abordagem e contextualização do problema; b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho; c) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado; d) objetivos.

1.3.2. Material e métodos. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. O texto deverá conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho. Técnicas já publicadas deverão ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome da(s) espécie(s) completo, inclusive com o autor. Mapas poderão ser incluídos (como figuras na forma de documentos suplementares) se forem de extrema relevância e deverão apresentar qualidade adequada para impressão (ver recomendações para figuras). Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em Resultados deverá, obrigatoriamente, estar descrito no item Material e métodos.

1.3.3. Resultados e discussão. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. Tabelas e figuras (gráficos, fotografias, desenhos, mapas e pranchas), se citados, deverão ser estritamente necessários à compreensão do texto. Não insira figuras ou tabelas no texto. Os mesmos deverão ser enviados como documentos suplementares. Dependendo da estrutura do trabalho, Resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados.

1.3.4. Agradecimentos. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. O texto deverá ser sucinto. Nomes de pessoas e Instituições deverão ser escritos por extenso, explicitando o motivo dos agradecimentos.

1.3.5. Referências bibliográficas. Título com primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. Se a referência bibliográfica for citada ao longo do texto, seguir o esquema autor, ano (entre parênteses). Por exemplo: Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva et al. (1997) ou Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) ou (Silva 1975; Santos 1996; Oliveira 1997). Na seção Referências bibliográficas, seguir a ordem alfabética e cronológica de autor(es).

Nomes dos periódicos e títulos de livros deverão ser grafados por extenso e em negrito. Exemplos: Santos, J.; Silva, A. & Oliveira, B. 1995. Notas palinológicas. *Amaranthaceae*. *Hoehnea* 33(2): 38-45. Santos, J. 1995. Estudos anatômicos em *Juncaceae*. Pp. 5-22. In: Anais do XXVIII Congresso Nacional de Botânica. Aracaju 1992. São Paulo, HUCITEC Ed. v.I. Silva, A. & Santos, J. 1997. *Rubiaceae*. Pp. 27-55. In: F.C. Hoehne (ed.). *Flora Brasílica*. São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Endress, P.K. 1994. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Oxford. Pergamon Press. Furness, C.A.; Rudall, P.J. & Sampson, F.B. 2002. *Evolution of microsporogenesis* in Angiosperms. <http://www.journals.uchicago.edu/IJPS/journal/issues/v163n2/020022/020022.html> (acesso em 03/01/2006). Não serão aceitas referências bibliográficas de monografias de conclusão de curso de graduação, de citações de resumos de Congressos, Simpósios, Workshops e assemelhados. Citações de Dissertações e Teses deverão ser evitadas ao máximo e serão aceitas com justificativas consistentes.

1.3.6. Legendas das figuras e tabelas. As legendas deverão estar incluídas no fim do documento principal, imediatamente após as Referências bibliográficas. Para cada figura, deverão ser fornecidas as seguintes informações, em ordem numérica crescente: número da figura, usando algarismos arábicos (Figura 1, por exemplo; não abrevie); legenda detalhada, com até 300 caracteres (incluindo espaços). Legendas das figuras necessitam conter nomes dos táxons com respectivos autores, informações da área de estudo ou do grupo taxonômico.

Itens da tabela, que estejam abreviados, deverão ser escritos por extenso na legenda. Todos os nomes dos gêneros precisam estar por extenso nas legendas das tabelas.

**Normas gerais para todo o texto.** Palavras em latim no título ou no texto, como por exemplo: *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.* deverão estar grafadas em *itálico*. Os nomes científicos, incluindo os gêneros e categorias infragenéricas, deverão estar em *itálico*.

Citar nomes das espécies por extenso, na primeira menção do parágrafo, acompanhados de autor, na primeira menção no texto. Se houver uma tabela geral das espécies citadas, o nome dos autores deverá aparecer somente na tabela. Evitar notas de rodapé.

As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, deverão ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Usar abreviaturas das unidades de medida de acordo com o Sistema Internacional de Medidas (por exemplo 11 cm, 2,4 µm). O número deverá ser separado da unidade, com exceção de porcentagem, graus, minutos e segundos de coordenadas geográficas (90%, 17°46'17" S, por exemplo).

Para unidades compostas, usar o símbolo de cada unidade individualmente, separado por um espaço apenas. Ex.: mg kg<sup>-1</sup>, µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, mg L<sup>-1</sup>. Litro e suas subunidades deverão ser grafados em maiúsculo. Ex.: L, mL, µL. Quando vários números forem citados em seqüência, grafar a unidade da medida apenas no último (Ex.: 20, 25, 30 e 35 °C). Escrever por extenso os números de zero a nove (não os maiores), a menos que sejam acompanhados de unidade de medida. Exemplo: quatro árvores; 10 árvores; 6,0 mm; 1,0-4,0 mm; 125 exsiccatas.

Para normatização do uso de **notações matemáticas**, obtenha o arquivo contendo as instruções específicas em <http://www.botanica.org.br/ojs/public/matematica.pdf>. O Equation, um acessório do Word, está programado para obedecer as demais convenções matemáticas, como espaçamentos entre sinais e elementos das expressões, alinhamento das frações e outros. Assim, o uso desse acessório é recomendado. Em trabalhos taxonômicos, o material botânico examinado deverá ser selecionado de maneira a citarem-se apenas aqueles representativos do táxon em questão, na seguinte ordem e obedecendo o tipo de fonte das letras: **PAÍS. Estado:** Município, data, fenologia, coletor(es) número do(s) coletor(es) (sigla do Herbário).

Exemplo:

**BRASIL. São Paulo:** Santo André, 3/XI/1997, fl. fr., Milanez 435 (SP).

No caso de mais de três coletores, citar o primeiro seguido de *et al.* Ex.: Silva *et al.*

Chaves de identificação deverão ser, preferencialmente, indentadas. Nomes de autores de táxons não deverão aparecer. Os táxons da chave, se tratados no texto, deverão ser numerados seguindo a ordem alfabética.  
Exemplo:

1. 1. Plantas terrestres
  2. Folhas orbiculares, mais de 10 cm diâm.  
..... 2. S. orbicularis
  2. Folhas sagitadas, menos de 8 cm compr.  
..... 4. S. sagittalis
1. 1. Plantas aquáticas
  3. Flores brancas ..... 1. S. albicans
  3. Flores vermelhas ..... 3. S. purpurea

O tratamento taxonômico no texto deverá reservar o itálico e o negrito simultâneos apenas para os nomes de táxons válidos. Basiônimo e sinonímia aparecerão apenas em itálico. Autores de nomes científicos deverão ser citados de forma abreviada, de acordo com o índice taxonômico do grupo em pauta (Brummit & Powell 1992 para Fanerógamas).

Exemplo:

1. *Sepulveda albicans* L., Sp. pl. 2: 25. 1753.

Pertencia albicans Sw., Fl. bras. 4: 37, t. 23, f. 5. 1870.

Fig. 1-12

Subdivisões dentro de Material e métodos ou de Resultados e/ou Discussão deverão ser grafadas com a primeira letra em maiúsculo, seguida de um traço (-) e do texto na mesma linha.

Exemplo: Área de estudo - localiza-se ...

## 2. DOCUMENTOS SUPLEMENTARES

**2.1. Carta de submissão.** Deverá ser enviada como um arquivo separado. Use a carta de submissão para explicitar o motivo da escolha da Acta Botanica Brasilica, a importância do seu trabalho para o contexto de sua área e a relevância científica do mesmo.

**2.2. Figuras.** Todas as figuras apresentadas deverão, obrigatoriamente, ter chamada no texto. Todas as imagens (ilustrações, fotografias, eletromicrografias e gráficos) são consideradas como 'figuras'. **Figuras coloridas poderão ser aceitas, a critério do Corpo Editorial, que deverá ser previamente consultado. O(s) autor(es) deverão se responsabilizar pelos custos de impressão.**

Não envie figuras com legendas na base das mesmas. **As legendas deverão ser enviadas no final do documento principal.**

As figuras deverão ser referidas no texto com a primeira letra em maiúsculo, de forma abreviada e sem plural (Fig.1, por exemplo).

As figuras deverão ser numeradas seqüencialmente, com algarismos arábicos, colocados no canto inferior direito. Na editoração final, a largura máxima das figuras será de: 175 mm, para duas colunas, e de 82 mm, para uma coluna.

Cada figura deverá ser editada para minimizar as áreas com espaços em branco, otimizando o tamanho final da ilustração.

Escalas das figuras deverão ser fornecidas com os valores apropriados e deverão fazer parte da própria figura (inseridas com o uso de um editor de imagens, como o Adobe® Photoshop, por exemplo), sendo posicionadas no canto inferior esquerdo, sempre que possível. Ilustrações em preto e branco deverão ser fornecidas com aproximadamente 300 dpi de resolução, em formato TIF. Ilustrações mais detalhadas, como ilustrações botânicas ou zoológicas, deverão ser fornecidas com resoluções de, pelo menos, 600 dpi, em formato TIF. Para fotografias (em preto e branco ou coloridas) e eletromicrografias, forneça imagens em formato TIF, com pelo menos, 300 dpi (ou 600 dpi se as imagens forem uma mistura de fotografias e ilustrações em preto e branco). Contudo, atenção! Como na editoração final dos trabalhos, **o tamanho útil destinado a uma figura de largura de página (duas colunas) é de 170 mm, para uma resolução de 300 dpi, a largura das figuras não deverá exceder os 2000 pixels. Para figuras de uma coluna (82 mm de largura), a largura máxima das figuras (para 300 dpi), não deverá exceder 970 pixels.** Não fornecer imagens em arquivos Microsoft® PowerPoint, geralmente geradas com baixa resolução, nem inseridas em arquivos DOC. Arquivos contendo imagens em formato Adobe® PDF não serão aceitos.

Figuras deverão ser fornecidas como arquivos separados (documentos suplementares), não incluídas no texto do trabalho. As imagens que não contiverem cor deverão ser salvas como 'grayscale', sem qualquer tipo de camada ('layer'), como as geradas no Adobe® Photoshop, por exemplo. Estes arquivos ocupam até 10 vezes mais espaço que os arquivos TIF e JPG. A **Acta Botanica Brasilica** não aceitará figuras submetidas no formato GIF ou comprimidas em arquivos do tipo RAR ou ZIP. Se as figuras no formato TIF forem um obstáculo para os autores, por seu tamanho muito elevado, estas poderão ser convertidas para o formato JPG, antes da sua submissão, resultando em uma significativa redução no tamanho. Entretanto, não se esqueça que a compressão no formato JPG poderá causar prejuízos na qualidade das imagens. Assim, é recomendado que os arquivos JPG sejam salvos nas qualidades 'Máxima' (Maximum). O tipo de fonte nos textos das figuras deverá ser o Times New Roman. Textos deverão ser legíveis. Abreviaturas nas figuras (sempre em minúsculas) deverão ser citadas nas legendas e fazer parte da própria figura, inseridas com o uso de um editor de imagens (Adobe® Photoshop, por exemplo). Não use abreviaturas, escalas ou sinais (setas, asteriscos), sobre as figuras, como "caixas de texto" do Microsoft® Word. **Recomenda-se a criação de uma única estampa**, contendo várias figuras reunidas, numa largura máxima de 175 milímetros (duas colunas) e altura máxima de 235 mm (página inteira). No caso de estampa, a letra indicadora de cada figura deverá estar posicionada no canto inferior direito. Inclua "A" e "B" para distingui-las, colocando na legenda, Fig. 1A, Fig. 1B e assim por diante. Não use bordas de qualquer tipo ao redor das figuras. É responsabilidade dos autores obter permissão para reproduzir figuras ou tabelas que tenham sido previamente publicadas. **2.3. Tabelas.** As tabelas deverão ser referidas no texto com a primeira letra em maiúsculo, de forma abreviada e sem plural (Tab. 1, por exemplo). **Todas as tabelas apresentadas deverão, obrigatoriamente, ter chamada no texto.** As tabelas deverão ser seqüencialmente numeradas, em arábico (Tabela 1, 2, 3, etc; não abrevie), com numeração independente das figuras. O título das tabelas deverá estar acima das mesmas. Tabelas deverão ser formatadas usando as ferramentas de criação de tabelas ('Tabela') do Microsoft® Word. Colunas e linhas da tabela deverão ser visíveis, optando-se por usar linhas pretas que serão removidas no processo de edição final. Não utilize padrões, tons de cinza, nem qualquer tipo de cor nas tabelas. Dados mais extensos poderão ser enviados como documentos suplementares, os quais estarão disponíveis como links para consulta pelo público. Mais detalhes poderão ser consultados nos últimos números da Revista.