

# Anatomia de raízes de espécies de Orchidaceae do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais<sup>1</sup>

Ivone Vieira da Silva<sup>2,4</sup>, Renata Maria Strozi Alves Meira<sup>3</sup> e Aristéa Alves Azevedo<sup>3</sup>

Recebido: 18.06.2009; aceito: 26.03.2010

**ABSTRACT** - (Anatomy of root of Orchidaceae species of Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais). The present study characterized the root of some orchids occurring in an altitudinal field at the Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, pointing out both ecological and taxonomical relevant characters. Only terrestrial individuals were studied, except for *P. teres*, a rupestrine species. Anatomical comparative analysis of the studied species revealed clear definitions of two groups: *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Oncidium barbaceniae*, *O. blancheti*, *Pleurothallis prolifera*, *P. teres*, *Zygopetalum mackayi*, and *Z. brachypetalum* are perennial species and xerophytes, while *Cleistes gracilis*, *Habenaria hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* and *Prescottia montana* are species that present shoot reduction in order to complete life cycle before dry periods, being considered mesophyte plants. There were great similarities between genera, especially within *Epidendrum*, *Oncidium* and *Pleurothallis*. In the case of *Habenaria*, greater similarities were found between *H. hydrophila* and *H. macronectar*, due to the differences in vascular cylinder and cortex of *H. janeirensis*.

**Key words:** adaptive strategies, rocky field, taxonomy

**RESUMO** - (Anatomia de raízes de espécies de Orchidaceae do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais). O presente estudo objetivou caracterizar anatomicamente raízes de espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, identificando caracteres de significado ecológico e valor taxonômico. Foram estudados apenas indivíduos terrestres, exceto *Pleurothallis teres* espécie exclusivamente rupícola. A comparação dos caracteres anatômicos das espécies estudadas mostrou dois grupos com estratégias distintas: *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Oncidium barbaceniae*, *O. blancheti*, *Pleurothallis prolifera*, *P. teres*, *Zygopetalum mackayi* e *Z. brachypetalum* são espécies perenes e xerófitas, enquanto *Cleistes gracilis*, *Habenaria hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *Prescottia montana* são espécies que completam o ciclo de vida antes do período seco com redução das partes aéreas neste período, sendo consideradas plantas mesófitas. Observou-se maior similaridade entre os gêneros *Epidendrum*, *Oncidium* e *Pleurothallis*. No caso do gênero *Habenaria* observou-se maior similaridade entre as espécies *Habenaria hydrophila* e *H. macronectar*, devido às diferenças no cilindro vascular e na região cortical de *Habenaria janeirensis*.

**Palavras-chave:** campo de altitude, estratégias adaptativas, taxonomia

## Introdução

As espécies de orquídeas estudadas ocorrem em um campo de altitude, no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), especificamente na Serra das Cabeças, na sub-serra Tóten deitado. Os campos de altitude são diferentes dos campos rupestres quanto a litologia e a vegetação circunvizinha. Enquanto os campos rupestres ocorrem sobre quartzitos e arenitos, em geral associados ao cerrado, caatinga e matas de galeria, os campos de altitude ocorrem sobre ro-

chas granitóides e rochas intrusivas ácidas, ligados à Mata Atlântica (Moreira & Camelier 1977, Benites *et al.* 2003, Caiafa & Silva 2005).

As espécies que ocorrem em campos de altitude possuem alto poder de adaptação a diferentes ambientes (Benzing *et al.* 1982), particularmente, por apresentarem organização de suas partes vegetativas notavelmente diversas (Dressler 1993). Trata-se de organismos extremamente especializados que ocupam uma diversidade de habitats e de nichos ecológicos, ocorrendo em ambientes extremos

1. Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil
2. Av. Perimetral Rogério Silva, Bairro Flamboyant, Caixa Postal 324, 78580-000 Alta Floresta, MT, Brasil
3. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Vegetal, 36570-000 Viçosa, MG, Brasil
4. Autor para correspondência: ivibot@hotmail.com

como mares, desertos e topos frios de montanhas (Hunt 1985) e apresentando uma série de adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas.

Na sub-serra Tóten deitado (PESB), Caiafa & Silva (2005) avaliaram a composição florística e a estrutura da vegetação, sendo amostrados 31 famílias, 63 gêneros e 81 espécies, onde Orchidaceae aparece na lista de maior importância, registrando 14 espécies distribuídas em oito gêneros, cinco tribos e três subfamílias. As estratégias anatômicas foliares das espécies de Orchidaceae ocorrentes nesta área foram analisadas por Silva *et al.* (2006).

A família Orchidaceae é uma das maiores dentre às Fanerógamas, possuindo cerca de 19.500 espécies e 775 gêneros (Judd *et al.* 1999). Na última revisão sobre as espécies brasileiras, Pabst & Dungs (1975) apontaram cerca de 2.350 espécies e 191 gêneros.

A importância da anatomia de órgãos vegetativos na taxonomia de Orchidaceae é enfatizada na literatura, em diversos níveis hierárquicos, desde subfamílias, tribos, subtribos, até genéricos e específicos (Williams 1979, Arditti 1992).

O velame e a exoderme têm recebido atenção especial nos estudos sobre as raízes de Orchidaceae, os demais tecidos são pouco enfatizados, especialmente, quanto a comparações entre espécies terrestres, rupícolas e epífitas. 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, Arditti 1992, Stern *et al.* 2004), além de xilema poliarco e medula desenvolvida (Oliveira & Sajo 1999).

O presente estudo objetivou caracterizar anatomicamente as raízes de espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, buscando caracteres de valor taxonômico e significado ecológico.

## Material e métodos

O material botânico foi coletado na Serra das Cabeças, sub-serra “Totem Deitado”, no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), que está situado no Maciço Mantiqueira, entre os meridianos 42 20’ e 42 40’ W e os paralelos 20 20’ e 21 00’ S, na Zona da Mata de Minas Gerais (Engevix 1995). O relevo e a altitude variam entre 1.000 e 1.995m, exercendo importante influência nas características climáticas do parque, amenizando as temperaturas e criando um clima tipicamente serrano nas regiões

mais elevadas (Engevix 1995). O PESB é dominado por fragmentos secundários de Floresta Estacional Semidecidual (Velooso *et al.* 1991), da formação Altimontana (Oliveira Filho & Ratter 1995).

Foram estudadas todas as espécies de Orchidaceae ocorrentes na área de estudo: *Cleistes gracilis* Schtr., *Epidendrum secundum* Jacq., *Epidendrum xanthinum* Lindl., *Habenaria hydrophila* Barb. Rodr., *Habenaria janeirensis* Kraenzl., *Habenaria macronectar* (Vell.) Hoehne, *Oncidium barbaciae* Lindl., *Oncidium blanchetii* Rchb. f., *Pleurothallis montana* Lindl., *Pleurothallis teres* Lindl., *Prescottia montana* Barb. Rodr., *Zygopetalum mackayi* Hook. e *Zygopetalum brachypetalum* Lindl. O material testemunha foi incorporado ao acervo do Herbário VIC, da Universidade Federal de Viçosa.

Para os estudos anatômicos e histoquímicos foram coletadas cinco raízes totalmente desenvolvidas de três indivíduos de populações diferentes, de cada espécie. Estas amostras foram fixadas em FAA<sub>50</sub> e estocadas em etanol a 70% (Johansen 1940). Amostras da região do terço médio inferior das raízes foram isoladas e incluídas em metacrilato (Meira & Martins 2003). Cortes transversais e longitudinais, com espessura de 8 mm, foram obtidos em micrótomo rotativo de avanço automático (RM 2155 - Leica), com navalhas de aço descartáveis, e corados com azul de toluidina em pH ácido. As lâminas foram montadas em resina (Permount), observadas e fotografadas em fotomicroscópio (Olympus AX 70 com sistema U-PHOTO).

Cortes de material fresco foram utilizados para os testes histoquímicos, empregando-se sudan IV e sudan black B para lipídios (Jensen 1962); floroglucina para lignina (Jensen 1962); lugol para amido (Johansen 1940).

Para estudos em microscopia eletrônica de varredura (MEV), as amostras foram fixadas em FAA e desidratadas em série etílica, levadas à secagem em ponto crítico (FDU 010 Balzers – Alemanha), montadas em “stubs” e metalizadas com ouro (Bozzola & Russel 1992). O registro fotográfico foi feito em microscópio eletrônico de varredura (modelo LEO 1430 VP Inglaterra), do Núcleo de Microscopia e Microanálise (NMM) da Universidade Federal de Viçosa, MG.

O dendrograma apresentado foi confeccionado a partir de dados listados nas Tabelas 1 e 2 obtidos neste trabalho e no trabalho de Silva *et al.* (2006) que estudaram a lâmina foliar das mesmas espécies. Os caracteres morfológicos e anatômicos foram

organizados em uma matriz de presença e ausência para calcular a similaridade de Jaccard - ISj (Sneath & Sokal 1973) entre as espécies utilizando a seguinte fórmula:  $ISj = C / A + B - C$ . Em que: A – número de caracteres presentes na espécie A; B – número de caracteres presentes na espécie B; C – número de caracteres comuns entre A e B. Foi organizada uma matriz simétrica com os índices de similaridade (ISj) calculados e aplicado o algoritmo de médias não-ponderadas (UPGMA) por meio do programa NTSYS (Rohlf 1988) para expressar graficamente as semelhanças entre as espécies.

## Resultados

As populações das espécies analisadas foram encontradas em diferentes ambientes: sobre afloramento rochoso, em solo profundo, em manchas de solo raso, diretamente sobre rochas e epifíticas. *P. teres* foi à única espécie ocorrente apenas sobre rochas.

Os indivíduos estudados apresentam raízes absorventes de diferentes tonalidades, delgadas, com pêlos (figura 1) em quase toda sua extensão. O número de estratos no velame das espécies estudadas é variável (figuras 2-10), inclusive entre espécies do mesmo gênero. *Zygopetalum brachypetalum*, *Z. mackayi*, *Oncidium barbaceniae* e *O. blanchetii* apresentam velame pluriestratificado (figuras 2, 3, 25). Em *Oncidium barbaceniae* o velame varia de 4 a 6 estratos (figura 2); em *O. blanchetii* de 6 a 8 estratos (figura 3); em *Zygopetalum brachypetalum*, de 4 a 6 (figura 25) e em *Z. mackayi*, de 7 a 8 estratos (figura 4). Nestas células, o espessamento da parede se dá por depósitos de faixas helicoidais e ocorrem campos primários de pontoações (figuras 22, 23). Em *Epidendrum secundum* o velame varia de 6 a 8 estratos (figura 5) e em *E. xanthinum* de 4 a 5 estratos (figura 6).

Em *Pleurothallis prolifera*, *P. teres* (figura 7) e *Habenaria janeirensis* (figura 9) observa-se velame biestratificado. *Pleurothallis prolifera* e *P. teres* (figura 7) apresentam a camada mais externa do velame com as paredes periclinais internas espessas, enquanto a camada mais interna apresenta paredes periclinais internas e externas espessas.

*Habenaria hydrophila*, *H. macronectar*, *Prescottia montana* e *Cleisthes gracilis* apresentam velame uniestratificado com projeções sinuosas nas paredes das células (figuras 8, 10). Apenas em *Prescottia montana* observa-se espessamento em

rede nas paredes do velame, sendo constituídos por lignina.

Nas paredes das células do velame, em contato com as células-de-passage da exoderme, ocorrem tilossomos do tipo esponjoso em *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Zygopetalum brachypetalum*, *Z. mackayi*, *Prescottia montana*, *Oncidium barbaceniae* e *O. blanchetii* (figura 23).

Exoderme, parênquima cortical e endoderme apresentam-se bastante distintos na região cortical das espécies analisadas. A exoderme é constituída de uma camada de células, imediatamente abaixo do velame. Em *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum* e *Habenaria janeirensis* o espessamento da parede é do tipo “O” (figuras 5, 6) e algumas células da exoderme apresentam paredes espessadas, tendo os núcleos e protoplastos degenerados; outras apresentam paredes delgadas e permanecem vivas constituindo as células-de-passage da exoderme (figuras 5, 6). Em *Pleurothallis prolifera* e *P. teres* as células de passagem apresentam parede periclinal desigualmente espessada (figura 7), onde pontoações podem ser visualizadas.

*Pleurothallis teres*, *P. prolifera*, *Cleisthes gracilis*, *Habenaria hydrophila* e *H. macronectar* apresentam células de paredes periclinais externas e paredes anticlinais mais espessadas que as demais, formando espessamento em “U” invertido (figuras 7). Em *Prescottia montana* a exoderme apresenta apenas as paredes periclinais internas espessadas.

Na região cortical as células são volumosas e arredondadas, com paredes delgadas e arranjo compacto (figuras 5, 8, 10, 13, 14, 15). Em *Epidendrum secundum* e *E. xanthinum*, estas células apresentam projeções sinuosas nas paredes anticlinais (figuras 13, 14). *Habenaria macronectar* e *H. janeirensis* diferencia-se das demais por apresentar amplos espaços intercelulares semelhantes a aerênquima (figura 9).

Micorrizas foram visualizadas nas espécies estudadas (figuras 2, 3, 4, 10, 11, 12, 15), com exceção de *Pleurothallis teres*. Em *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Oncidium blanchetii*, *Zygopetalum brachypetalum*, *Habenaria macronectar* e *H. janeirensis* apresentam hifas micorrízicas no velame atingindo o córtex através das células-de-passage (figuras 11, 12).

Idioblastos contendo cristais do tipo ráfides (figuras 3, 14, 24, 25, 26) e monocristais (figura 27) aparecem distribuídos de forma esparsa por todo o córtex, exceto em *Pleurothallis teres* e *Habenaria*

Tabela 1. Caracteres morfológicos e anatômicos de raízes e folhas de espécies de Orchidaceae ocorrentes no Parque Estadual do Brigadeiro. Caracteres da folha foram obtidos de Silva et al. (2006).

Table 1. Morphological and anatomical characters of roots and leaves of Orchidaceae species occurring in the Parque Estadual do Brigadeiro. Leaf characters are drawn from Silva *et al.* (2006)

- 
1. Hábito terrícola ausente (0), presente (1)
  2. Hábito rupícola ausente (0), presente (1)
  3. Redução periódica das partes aéreas ausente (0), presente (1)
  4. Folhas coriáceas ou coriáceas carnosas ausente (0), presente (1).
  5. Folhas delgadas ausente (0), presente (1).
  6. Folhas cilíndricas ausentes (0), presentes (1).
  7. Cutícula espessa ausente (0), presente (1).
  8. Cutícula delgada ausente (0), presente (1).
  9. Epiderme adaxial com células altas ausente (0), presente (1).
  10. Epiderme adaxial com células baixas ausente (0), presente (1).
  11. Tricoma glandular ausente (0), presente (1).
  12. Stigmata na epiderme ausente (0), presente (1).
  13. Folha anfiestomática ausente (0), presente (1).
  14. Folha hipoestomática ausente (0), presente (1).
  15. Estômato geralmente ciclocítico ausente (0), presente (1).
  16. Estômato predominantemente anomocíticos ausente (0), presente (1).
  17. Estômato freqüentemente tetracíticos ausentes (0), presentes (1).
  18. Célula subsidiária ausente (0), presente (1).
  19. Mesofilo homogêneo ausente (0), presente (1).
  20. Mesofilo com tendência a dorsiventral ausente (0), presente (1).
  21. Hipoderme ausente (0), presente (1).
  22. Grupos de fibras dispersos no mesofilo ausente (0), presente (1).
  23. Parênquima aquífero ausente (0), presente (1).
  24. Presença de ráfides na lâmina foliar ausente (0), presente (1).
  25. Calotas de fibras no floema na nervura mediana ausente (0), presente (1).
  26. Calotas de fibras no xilema na nervura mediana ausente (0), presente (1).
  27. Velame uniestratificado ausente (0), presente (1).
  28. Velame biestratificado ausente (0), presente (1).
  29. Velame pluriestratificado ausente (0), presente (1).
  30. Ilosomos ausente (0), presente (1).
  31. Micorrizas ausente (0), presente (1).
  32. Presença de ráfides no córtex radicular ausente (0), presente (1).
  33. Células medulares de parede delgada ausente (0), presente (1).
  34. Traqueídeos na raiz ausente (0), presente (1).
  35. Elementos de vaso na raiz ausente (0), presente (1).
-





*macronectar*. Em seções longitudinais, esses idioblastos são alongados e as ráfides estão agrupadas em feixes (figuras 24, 25, 26).

Grãos de amido foram visualizados por meio de reação com lugol e sob luz polarizada nas células corticais de todas as espécies estudadas (figura 28).

Em *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Oncidium blanchetii*, *O. barbaceniae*, *Zygopetalum mackayi*, *Pleurothallis prolifera* e *P. teres* a endoderme é constituída de apenas uma camada de células com espessamento da parede do tipo “O” (figuras 13, 16, 19) e em *Oncidium blanchetii* e *Zygopetalum brachypetalum*, espessamento do tipo “U” (figuras 17, 18). A maioria das células da endoderme apresenta paredes espessas, sendo as localizadas nos pólos opostos ao protoxilema delgadas, representando as células-de-passagem. Nestas espécies o cilindro vascular encontra-se delimitado pelo periciclo que se apresenta unisseriado e, parcialmente, esclerificado (figuras 13, 16, 17, 19). O periciclo também apresenta células com paredes delgadas que são encontradas opostas aos pólos de protoxilema.

*Habenaria macronectar*, *H. hydrophila*, *H. janeirensis*, *Cleistes gracilis* e *Prescottia montana* apresenta endoderme com células volumosas e paredes delgadas com estrias de Caspary e periciclo unisseriado com células de paredes delgadas (figuras 20, 21).

O xilema é poliarco com, em média, 18 a 20 pólos de protoxilema em *Epidendrum secundum*, 16 a 18 em *E. xanthinum*, 10 a 11 em *Pleurothallis prolifera*, 7 a 9 em *P. teres*, 18 a 20 em *Zygopetalum brachypetalum*, de 10 a 11 em *Oncidium blanchetii* (figura 17) e *Zygopetalum mackayi*, de 9 a 10 em *Oncidium barbaceniae* (figura 19), de 5 a 6 pólos em *Cleistes gracilis*, de 5 a 6 em *Habenaria hydrophila* (figura 20), de 10 a 12 em *H. macronectar* e de 5 a 7 em *Prescottia montana*. Em *Habenaria janeirensis* ocorrem dois cilindros vasculares separados, com 5 a 6 pólos de protoxilema cada, e uma lacuna central (figuras 21, 29).

A porção central da raiz é ocupada por medula (figuras 13, 16, 17, 18, 19, 20) constituída por células volumosas de paredes delgadas como em *E. secundum* (figura 13), ou por células pequenas de paredes espessadas como em *P. prolifera* e *P. teres* (figura 16). Apenas em *H. janeirensis* a medula não é visível (figura 21).

*Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Oncidium blanchetii*, *O. barbaceniae*, *Zygopetalum brachypetalum*, *Z. mackayi*, *Pleurothallis prolifera*

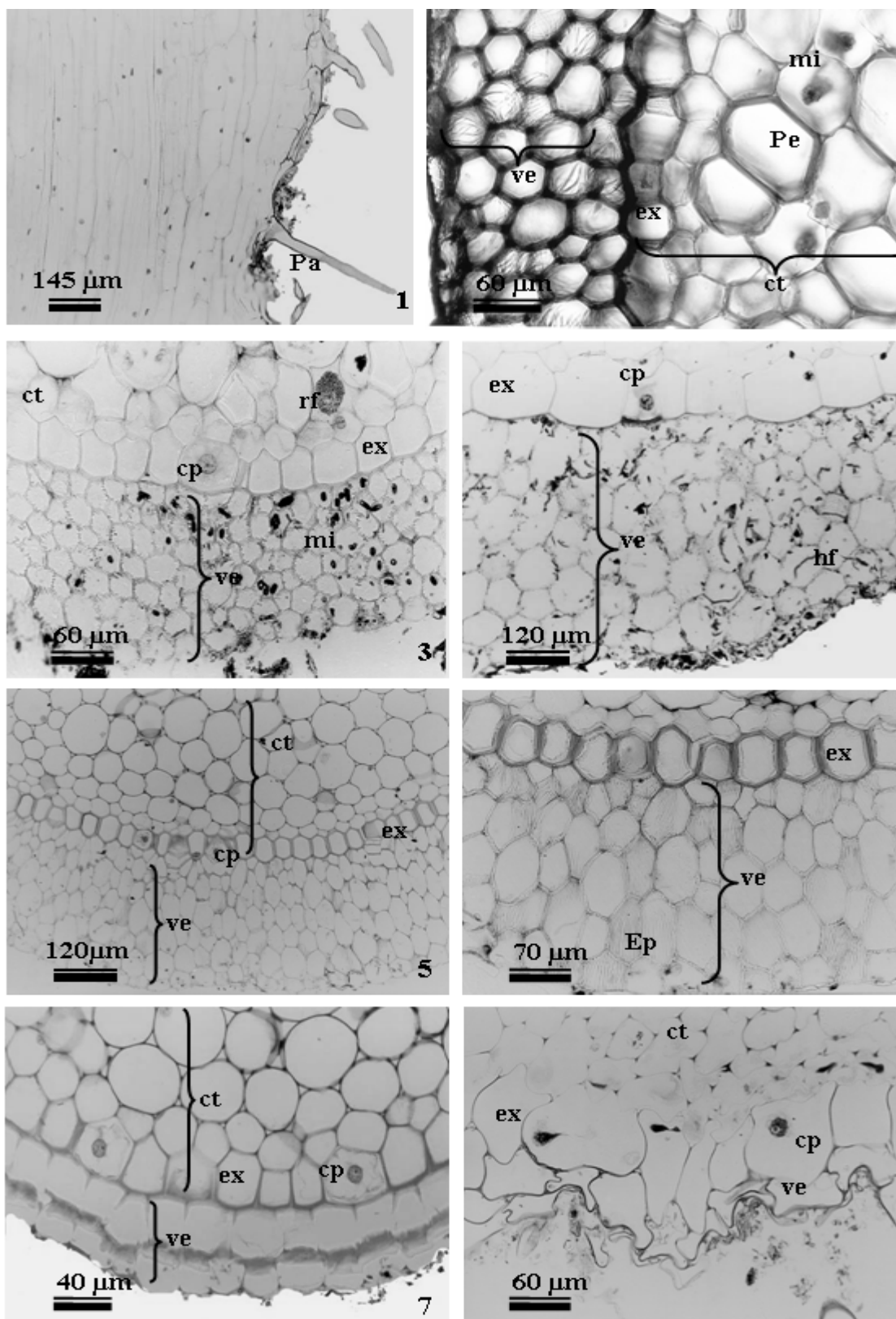
e *P. teres* apresentam fibras que estão associadas ao xilema e floema. Os elementos condutores do xilema estão representados por elementos de vaso alongados e estreitos, com espessamento escalariforme e pontoadado, com placas de perfuração escalariforme e simples. *Habenaria macronectar*, *H. hydrophila*, *H. janeirensis*, *Cleistes gracilis* e *Prescottia montana* apresentam poucos elementos de condução do xilema (figuras 20, 21).

O dendrograma mostra dois grupos com estratégias distintas (figura 30). Estão agrupadas *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Oncidium barbaceniae*, *O. blanchetii*, *Pleurothallis prolifera*, *P. teres*, *Zygopetalum mackayi* e *Z. brachypetalum* que são espécies perenes e consideradas xeromórfitas, e as espécies *Cleistes gracilis*, *Habenaria hydrophila*, *H. janeirensis*, *H. macronectar* e *Prescottia montana* que completam o ciclo de vida antes do período seco e são consideradas mesófitas. Similaridade de 0,983 aparece entre as espécies de *Epidendrum*, de 0,960 entre *Oncidium*, de 0,781 entre *Pleurothallis* e de 9,60 entre *Zygopetalum* (figura 30). No caso de *Habenaria* observou-se similaridade de 0,930 entre *Habenaria hydrophila* e *H. macronectar* (figura 30), enquanto *H. janeirensis* se distanciou das demais apresentando similaridade de 0,810.

## Discussão

A área no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro onde as espécies ocorrem possui solos rasos, muito permeáveis e carentes em nutrientes (Benites *et al.* 2003). No parque ocorrem fortes ventos, associados à nebulosidade e precipitação atmosférica, com abundância de água durante o verão chuvoso. Entretanto, ocorre um período seco, com intensa radiação solar e baixa temperatura, durante o inverno (Silva *et al.* 2006). A altitude, entre 1.700 e 1.722 m exerce importante influência nas características climáticas, amenizando as temperaturas e criando um clima tipicamente serrano nas regiões mais elevadas. Isso favorece a ocorrência de Orchidaceae que depende principalmente de disponibilidade de umidade atmosférica (Sanford 1973) e de altas intensidades luminosas (Johansson 1975).

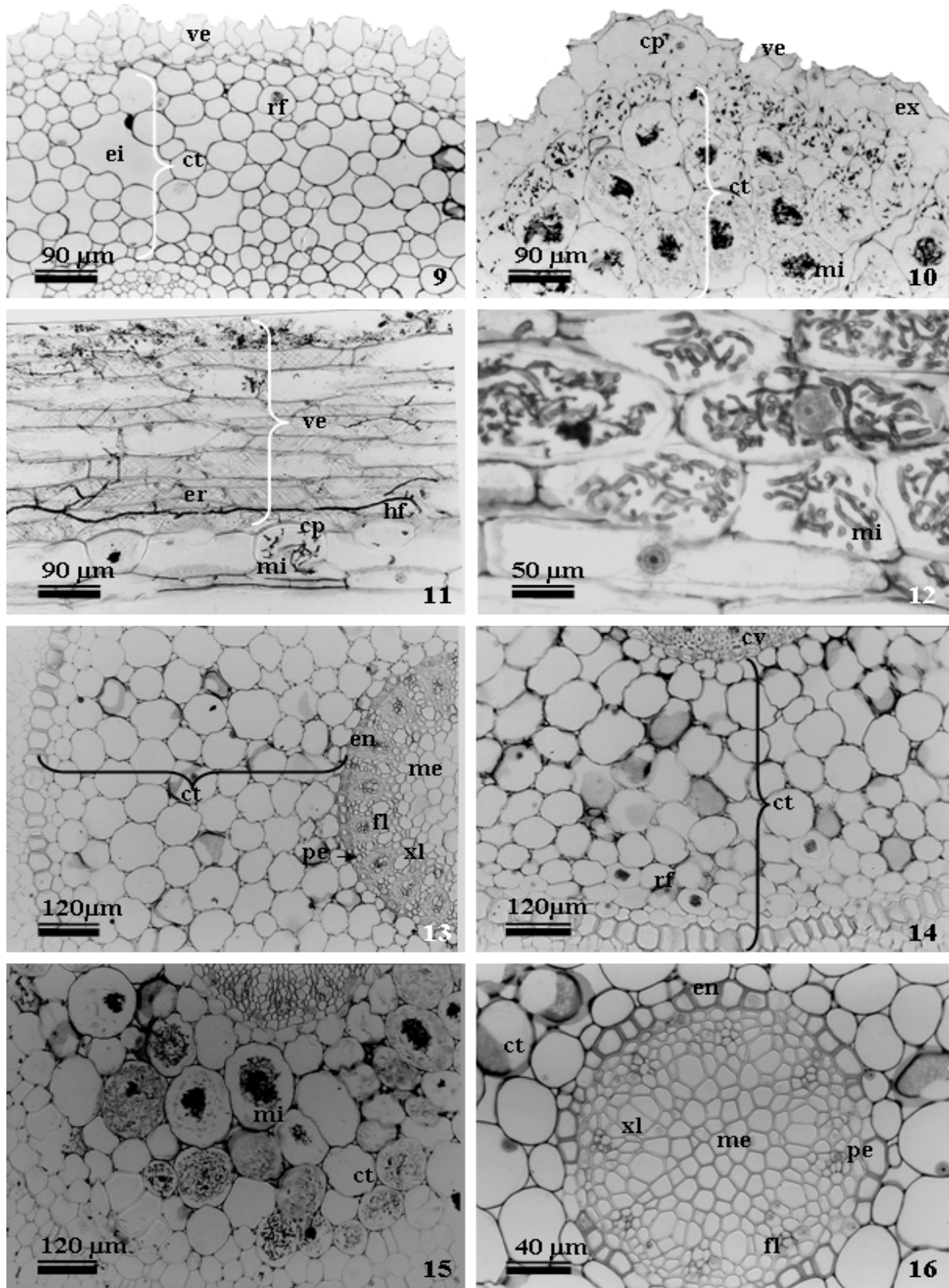
As análises de agrupamento, efetuadas com base nos dados listados nas tabelas 1 e 2, apontados neste trabalho e no trabalho de Silva *et al.* (2006), mostram dois grupos com estratégias distintas. Espécies perenes que apresentam caracteres xeromórficos e espécies que completam o ciclo de vida antes do



Figuras 1-8. Secções do terço médio inferior de raízes de Orchidaceae. 1. Longitudinal. 2-8. Transversal. 1. *Cleistes gracilis*. 2. *Oncidium barbaceniae*. 3. *Oncidium blancheti*. 4. *Zygopetalum mackayi*. 5. *Epidendrum secundum*. 6. *Epidendrum xanthinum*. 7. *Pleurothallis teres*. 8. *Cleistes gracilis*. cp=célula-de-passage; ct=córtex; Ep=espessamento de parede; ex=exoderme; hf=hifas fúngicas; mi = micorriza; Pa = pêlos absorventes; Pe = células com paredes espessadas; rf = ráfides; ve = velame.

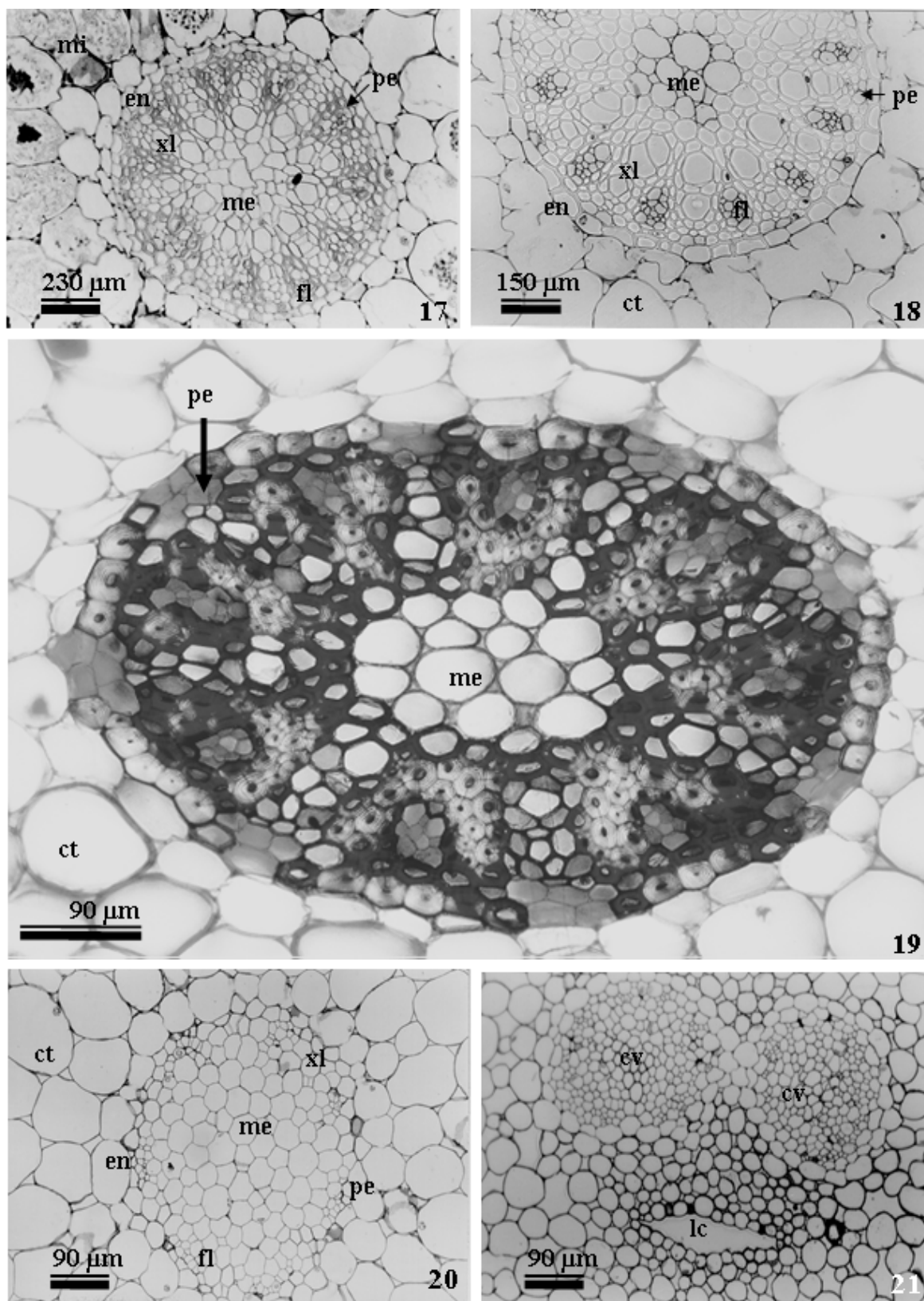
Figures 1-8. Sections of the lower median third of Orchidaceae roots. 1. Longitudinal. 2-8. Transversal. 1. *Cleistes gracilis*. 2. *Oncidium barbaceniae*. 3. *Oncidium blancheti*. 4. *Zygopetalum mackayi*. 5. *Epidendrum secundum*. 6. *Epidendrum xanthinum*. 7. *Pleurothallis teres*. 8. *Cleistes gracilis*. cp = Passage cells; ct = cortex; Ep = wall thickening; ex = exodermis; hf = fungal hyphae; mi = mycorrhiza; Pa = absorbing hairs; Pe = cells with thickened walls; rf = raphids; ve = velamen.





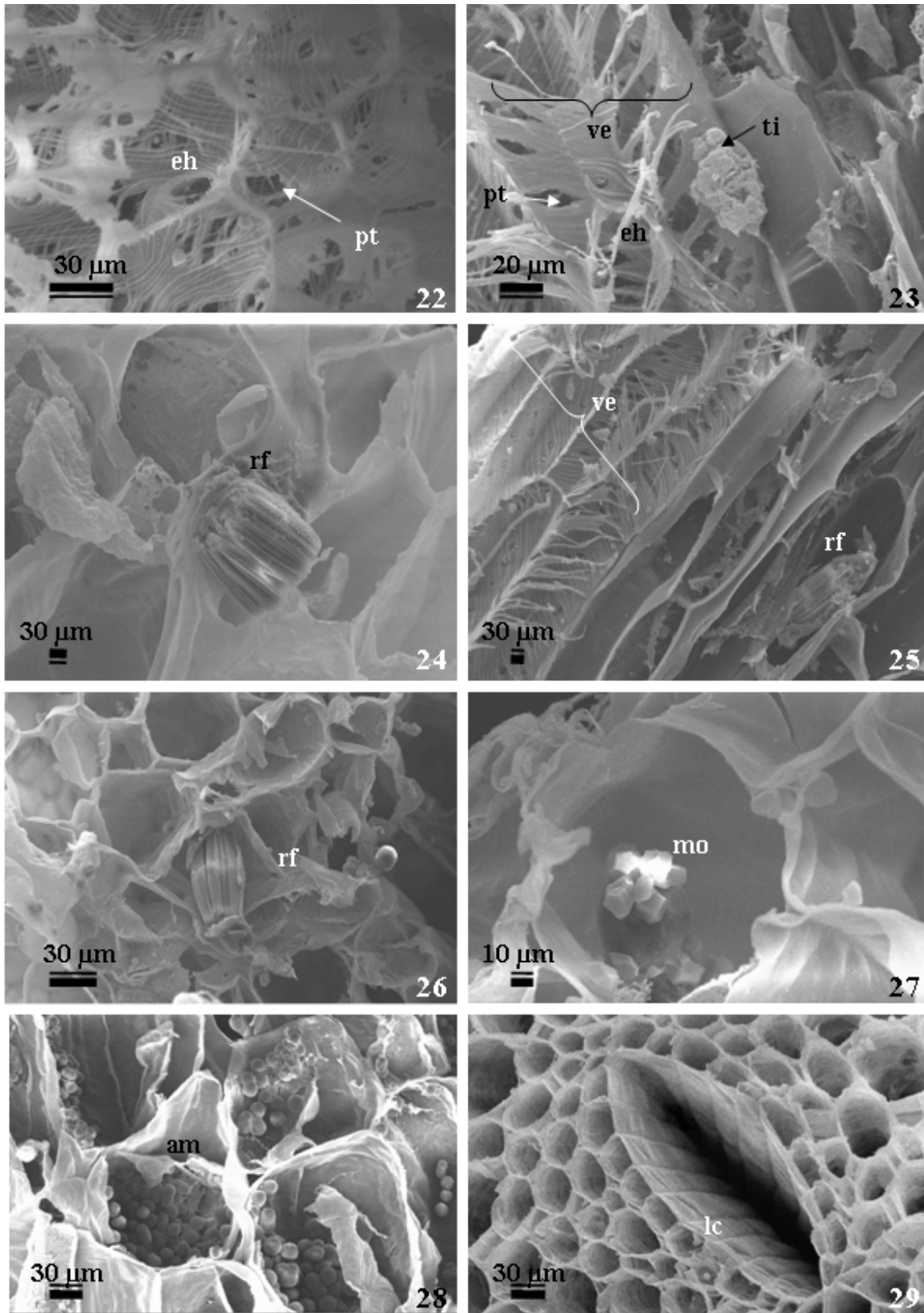
Figuras 9-16. Seções do terço médio inferior de raízes de Orchidaceae. 9. *Habenaria janeirensis*. 10. *Habenaria macroneotar*. 11. *Oncidium blancheti*. 12. *Oncidium barbaceniae*. 13. *Epidendrum secundum*. 14. *Epidendrum xanthinum*. 15. *Oncidium blancheti*. 16. *Pleurothallis teres*. cp = célula-de-passagem; ct = córtex; ei = espaços intercelulares; en = endoderme; er = espessamento em rede; ex = exoderme; fl = floema; hf = hifas fúngicas; me = medula; mi = micorriza; ve = velame; pe = periciclo; rf = ráfides; xl = xilema.  
 Figures 9-16. Sections of the lower median third of Orchidaceae roots. 9. *Habenaria janeirensis*. 10. *Habenaria macroneotar*. 11. *Oncidium blancheti*. 12. *Oncidium barbaceniae*. 13. *Epidendrum secundum*. 14. *Epidendrum xanthinum*. 15. *Oncidium blancheti*. 16. *Pleurothallis teres*. cp = Passage cells; ei = intercellular spaces; en = endodermis; er = network thickening; fl = phloem; hf = fungal hyphae; me = medulla; mi = mycorrhiza; ve = velamen; pe = pericycle; rf = raphids; xl = xylem.





Figuras 17-21. Secções do terço médio inferior de raízes de Orchidaceae. 17. *Oncidium blancheti*. 18. *Zygopetalum brachypetalum*. 19. *Oncidium barbaceniae*. 20. *Habenaria hydrophila*. 21. *Habenaria janeirensis*. ct = córtex; cv = cilindro vascular; en = endoderme; fl = floema; lc = lacuna; me = medula; mi = micorriza; pe = periciclo; xl = xilema.

Figures 17-21. Sections of the lower median third of Orchidaceae roots. 17. *Oncidium blancheti*. 18. *Zygopetalum brachypetalum*. 19. *Oncidium barbaceniae*. 20. *Habenaria hydrophila*. 21. *Habenaria janeirensis*. ct = cortex; cv = vascular cylinder; en = endodermis; fl = phloem; lc = gap; me = medulla; mi = mycorrhiza; pe = pericycle; xl = xylem.



Figuras 22-29. Eletromicrografias (varredura) do terço médio inferior de raízes de Orchidaceae. 22. *Zygopetalum mackayi*. 23. *Oncidium blancheti*. 24. *Oncidium barbaciae*. 25. *Zygopetalum brachypetalum*. 26-27. *Habenaria janeirensis*. 28. *Cleistes gracilis*. 29. *Habenaria janeirensis*. am = amido; eh = espessamento helicoidal; lc = lacuna; mo = monocristais; pt = pontoações; rf = ráfides; ti = tilossomos; ve = velame.

Figures 22-29. Scan electron micrographs of the lower median third of Orchidaceae roots. 22. *Zygopetalum mackayi*. 23. *Oncidium blancheti*. 24. *Oncidium barbaciae*. 25. *Zygopetalum brachypetalum*. 26-27. *Habenaria janeirensis*. 28. *Cleistes gracilis*. 29. *Habenaria janeirensis*. am = starch; eh = helical thickening; lc = gap; mo = monocystals; pt = pits; rf = raphids; ti = tilosomes; ve = velamen.

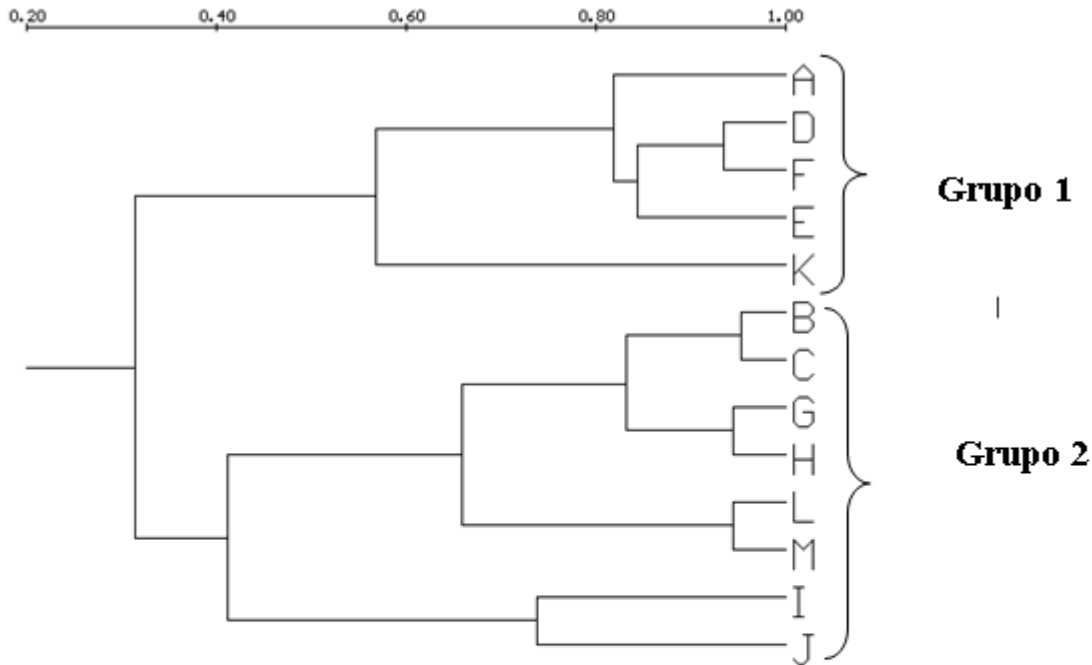


Figura 30. Dendrograma gerado a partir dos dados listados nas tabelas 1 e 2. Espécies representadas pelas letras: A = *Cleistes gracilis*; B = *Epidendrum secundum*, C = *Epidendrum xanthinum*, D = *Habenaria hydrophila*, E = *Habenaria janeirensis*, F = *Habenaria macronectar*, G = *Oncidium barbaceniae*, H = *Oncidium blancheti*, I = *Pleurothallis prolifera*, J = *Pleurothallis teres*, K = *Prescottia montana*, L = *Zygopetalum brachypetalum* e M = *Zygopetalum mackayi*.

Figure 30. Dendrogram generated from the data listed in Tables 1 and 2. Species are represented by letters: A = *Cleistes gracilis*; B = *Epidendrum secundum*, C = *Epidendrum xanthinum*, D = *Habenaria hydrophila*, E = *Habenaria janeirensis*, F = *Habenaria macronectar*, G = *Oncidium barbaceniae*, H = *Oncidium blancheti*, I = *Pleurothallis prolifera*, J = *Pleurothallis teres*, K = *Prescottia montana*, L = *Zygopetalum brachypetalum* and M = *Zygopetalum mackayi*.

período seco, quando suas partes aéreas desaparecem e não apresentam caracteres xeromórficos.

Segundo Silva *et al.* (2006), as folhas das espécies perenes apresentam vários caracteres xeromórficos, adaptados à sobrevivência em ambiente de forte insolação, seca, altitude elevada, nebulosidade, baixas temperaturas, vento forte e solo com deficiência nutricional. Os caracteres anatômicos das raízes das espécies estudadas como: presença de velame pluriestratificado, tilossomos, exoderme, fibras vasculares e idioblastos com cristais são caracteres encontrados nas espécies perenes estudadas e contribuem com essas considerações.

Silva *et al.* (2006) também consideram que nas espécies que completam seu ciclo antes do período seco, os caracteres xeromórficos não são acentuados nas folhas, possivelmente por estarem menos sujeitas à estresse, pois, quando a parte vegetativa está totalmente presente ocorre, concomitantemente, disponibilidade hídrica e umidade atmosférica. Nas

raízes dessas espécies também não se observam caracteres xeromórficos.

Nas espécies estudadas, o velame varia de uniestratificado a biestratificado e pluriestratificado. Muitos autores descreveram velame uniestratificado em espécies de Orchidaceae, entre eles Rosso (1966) e Pridgeon & Stern (1982). Acredita-se que por *Habenaria macronectar*, *H. hydrophila*, *Cleistes gracilis* e *Prescottia montana* estarem distribuídas em locais encharcados, a absorção de água seja facilitada e o velame tenha apenas a função de proteção mecânica para os períodos de seca. Analisando sob este ponto de vista, justifica-se a existência de velame pluriestratificado nas espécies perenes, que se distribuem em locais secos da área em estudo.

Nas células do velame uniestratificado ocorrem projeções sinuosas, o que sugere um aumento na superfície de absorção de água e sais minerais. Segundo Benzing *et al.* (1982) uma das funções do velame é exatamente a absorção. Para Esau (1977) e



Fahn (1987) a função do velame é proteção mecânica e redução da perda de água através do córtex. Sabe-se que o velame é formado por células mortas, compactamente arranjadas e, frequentemente com espessamento secundário de parede na forma de numerosas faixas helicoidais, espiraladas e em rede. Apenas em *P. montana* observou-se espessamento em rede nas paredes do velame, sendo constituídos por lignin Stern (1997b) ao estudar 15 espécies de *Habenaria* terrestres, observou que o velame varia de 3 a 4 camadas, com paredes delgadas e perfuradas. A existência de velame em raízes de várias espécies de orquídeas epifíticas levou vários autores a associar este tecido ao hábito epifítico (Cutter 1980, Fahn 1987, Mauseth 1988). Entretanto, há algum tempo, já se admite a existência de velame em raízes de plantas terrestres (Pita & Menezes 2002, Proença & Sajo 2008).

Nas paredes das células do velame, em contato com as células-de-passageira da exoderme, foram observados tilossomos do tipo esponjoso em todas as espécies. Segundo Pridgeon *et al.* (1983) os tilossomos são quase exclusivos de táxons epifíticos. Benzing *et al.* (1982) acreditam que o ponto de entrada de água é, precisamente, através dos tilossomos, onde a extensão de parede sólida entre o velame morto e o simplasto da raiz é menor que em qualquer outro ponto da interface velame-exoderme. Sua função desperta, ainda, a curiosidade de muitos autores. Leitgeb (1864, *apud* Pridgeon *et al.* 1983) sugeriu que estas estruturas seriam responsáveis pela absorção ou condensação do vapor de água da atmosfera, atuando como um reservatório de água que preveniria a dessecação dos tecidos abaixo. Como todas as espécies estudadas apresentam raízes com tilossomos, acredita-se que esta seja uma resposta ao hábito epifítico e que esse caráter propicia uma absorção mais eficiente.

A exoderme das espécies estudadas é uniestratificada com espessamento da parede variável. Exoderme uniestratificada típica, com células-de-passageira, foi observada na grande maioria das raízes portadoras de velame (Withner *et al.* 1974, Benzing *et al.* 1982, Pridgeon & Stern 1982, Benzing *et al.* 1983, Pridgeon *et al.* 1983, Stern 1997a, Stern & Whitten 1998, Stern & Judd 2001, Stern *et al.* 2004). A exoderme pode diminuir a transpiração da raiz, como foi observado em orquídeas por Sanford & Adalawo (1973) e Benzing *et al.* (1982, 1983).

Na literatura consultada, as células da exoderme podem apresentar espessamentos em suas paredes

anticlinais (Sanford & Adalawo 1973), nas paredes anticlinais e periclinais externas (Pridgeon & Stern 1982, Benzing *et al.* 1983), ou em todas elas (Benzing *et al.* 1982, Pridgeon & Stern 1982, Benzing *et al.* 1983, Pridgeon *et al.* 1983, Stern 1997b).

A presença de células volumosas com paredes delgadas e arranjo compactado na região cortical é comum em outras espécies estudadas da família Orchidaceae, como observado por Stern (1997b) e Stern *et al.* (2004). *H. macronectar* e *H. janeirensis* diferenciam-se das demais por apresentarem muitos espaços intercelulares, semelhantes a aerênquima, que acredita-se funcionarem como áreas para a armazenagem de oxigênio (Stern 1997b).

Foram visualizadas micorrizas nas espécies estudadas, assemelhando-se aos pélotons descritos por Hadley & Williamson (1972) e Benzing & Friedman (1981). A ocorrência de micorrizas em Orchidaceae é indiscutivelmente aceita (Hadley & Williamson 1972). As orquídeas possuem dependência de associação de fungos micorrízicos para germinação das sementes e, quando adultas, pode-se verificar infecções no sistema radicular de muitos indivíduos (Benzing & Friedman 1981). Acredita-se que nas plantas em estudo, os fungos persistiram nos indivíduos adultos amostrados, devido à pobreza do solo. Possivelmente, estariam adquirindo substâncias nitrogenadas, vitaminas e/ou seus precursores, carboidratos, minerais e hormônios na degradação dos pélotons.

Idioblastos contendo cristais do tipo ráfides e monocristais também foram visualizados, sendo a ocorrência de ráfides muito comum em Orchidaceae, não só em raízes, mas, principalmente nelas (Stern 1997b, Stern & Whitten 1998, Stern & Judd 2001, Stern *et al.* 2004).

Grãos de amido foram observados nas raízes de todas as espécies e também na lâmina foliar (Silva *et al.* 2006). Observações como estas também foram relatadas em espécies estudadas por Stern (1997b).

O cilindro vascular encontra-se delimitado pelo periciclo unisseriado o que corrobora Stern (1997a), Stern (1997b), Stern *et al.* (2004) e Pridgeon & Stern (1982) ao estudarem outras espécies de Orchidaceae. O xilema encontrado é poliarco. Em orquídeas, o número de pólos do xilema varia em diferentes raízes da mesma espécie e, também, na mesma raiz em diferentes porções (Rosso 1966, Singh 1986). Isso foi constatado para todas as espécies estudadas.

Stern (1997b) observou em *Habenaria distans* e *H. repens* a presença de dois cilindros vasculares



separados e, uma lacuna, o que é idêntico em *H. janeirensis* aqui estudada. A lacuna característica de folhas, caules e raízes de *H. distans* e *H. repens* (espécies semi-aquáticas) são assumidas como áreas de armazenagem de oxigênio (Stern 1997b). *Habenaria janeirensis* cresce sobre manchas de solo raso, no ponto de drenagem de água, por isso, tal característica pode contribuir para seu estabelecimento.

Traqueídes cujos são os elementos condutores do xilema, mais comumente observados nas espécies estudadas, em concordância com Withner *et al.* (1974). Entretanto, elementos de vaso foram descritos em raízes de algumas espécies de orquídeas por Cheadle (1942), Rosso (1966) e Pridgeon & Stern (1982), sendo os mesmos observados em *Epidendrum secundum*, *E. xanthinum*, *Oncidium blanchetii*, *O. barbaceniae*, *Zygopetalum brachypetalum*, *Z. mackayi*, *Pleurothallis prolifera* e *P. teres*.

O estudo realizado com a anatomia de raiz e com a lâmina foliar (Silva *et al.* 2006) corrobora os taxonomistas do grupo que consideram *P. rupestris* e *P. teres* como sinônimos. Comparando os resultados morfológicos e anatômicos obtidos com os relacionados por Scatena & Nunes (1996) verifica-se que são idênticos para os indivíduos inicialmente identificados como *P. rupestris* e *P. teres*, sugerindo que são a mesma espécie.

Houve maior similaridade entre os gêneros, ocorrendo um nível de ligação alto, principalmente em *Epidendrum*, *Oncidium* e *Pleurothallis*. Quando comparados os caracteres anatômicos obtidos por outros autores para *Epidendrum*, *Oncidium* e *Pleurothallis* (Pridgeon 1982, Bonates 1993, Barros 1996, Scatena & Nunes 1996, Oliveira & Sajo 1999, Stern *et al.* 2004) verifica-se que são de fato bem similares. No caso do gênero *Habenaria*, observou-se maior similaridade entre as espécies *Habenaria hydrophila* e *H. macronectar*, devido às diferenças no cilindro vascular e na região cortical de *H. janeirensis*.

### Agradecimentos

Ao biólogo Gilmar Edilberto Valente (UFV), pelo auxílio nas coletas. À Secretaria Municipal de Educação de Alta Floresta - MT, pela liberação para qualificação profissional concedida à primeira autora. Ao Instituto Estadual de Floresta (IEF), pela concessão da licença para a realização da pesquisa no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG). À

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo auxílio à pesquisa (EDT-212/05).

### Literatura citada

- Arditti, J.** 1992. Fundamentals of Orchid Biology. John Wiley, New York.
- Barros, F.** 1996. Notas taxonômicas para espécies brasileiras dos gêneros *Epidendrum*, *Plastystele*, *Pleurothallis* e *Scaphylottis* (Orchidaceae). Acta Botanica Brasilica 10: 139-151.
- Benzing, D.H. & Friedman, W.E.** 1981. Mycotrophy: its occurrence and possible significance among epiphytic Orchidaceae. Selbyana 5: 243-247.
- 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 of Botany 69: 608-614.
- Benzing, D.H., Friedman, W.E., Peterson, G. & Renfrow, A.** 1983. Shootlessness, velamentous roots, and the pre-eminence of Orchidaceae in the epiphytic biotope. American Journal of Botany 70: 121-133.
- Benites, V.M., Caiafa, A.N., Mendonça, E.S., Shafer, C.E. & Ker, J.C.** 2003. Solos e Vegetação nos campos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. Floresta e Ambiente 10: 76-85.
- Bonates, L.C.M.** 1993. Estudos ecofisiológicos de Orchidaceae da Amazônia II. Anatomia ecológica foliar de espécies com metabolismo CAM de uma campina de Amazônia Central. Acta Amazonica 23: 315-348.
- Bozzola, J.J. & Russel, L.D.** 1992. Eletron Microscopy. Jones and Bartlett Publishers, Boston.
- Caiafa, A.N. & Silva, A.F.** 2005. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais – Brasil. Rodriguésia 56: 163-173.
- Cheadle, V.I.** 1942. The occurrence and types of vessel cell in the various organs of the plant in Monocotyledoneae. American Journal of Botany 29: 441-450.
- Cutter, E.G.** 1980. Plant anatomy. Part II: organs. 1 ed. Edward Arnold, London.

- Dressler, R.L.** 1993. Phylogeny and classification of the orchid family. Dioscorides Press, Portland.
- Engevix.** 1995. Caracterização do meio físico da área autorizada para criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro – Relatório técnico final dos estudos – 8296-RE-H4-003/94 “VER. 1”. Instituto Estadual da Floresta, Bird/Pró-Floresta/Seplan, Belo Horizonte.
- Esau, K.** 1977. Anatomy of seed plants. 2 ed. John Wiley & Sons, New York.
- Fahn, A.** 1987. Plant anatomy. 3 ed. Pergamon Press, Oxford.
- Hadley, G. & Williamson, B.** 1972. Features of mycorrhizal infection in some malayan orchids. *New Phytologist* 71: 1111-1118.
- Hunt, P.F.** 1985. Orquidáceas. *In:* V.H. Heywood (ed.). *Las plantas con flores*. Editorial Reverté, Barcelona.
- Jensen, W.A.** 1962. Botanical histochemistry. H. Freeman, San Francisco.
- Johansen, D.A.** 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill, New York.
- Johansson, D.J.** 1975. Ecology of epiphytic orchids in west african rain forests. *American Orchid Society Bulletin*, February: 125-136.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A. & Stevens, P.F.** 1999. *Plant Systematics: A phylogenetic approach*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Mauseth, J.D.** 1988. *Plant anatomy*. The Benjamin Cummings Publishing Company, Menlo Park.
- Meira, R.M.S.A. & Martins, F.M.** 2003. Inclusão de material herborizado em metacrilato para estudos de anatomia vegetal. *Revista Árvore* 27: 109-112.
- Moreira, A.A.N. & Camelier, C.** 1977. Relevô. *In:* Geografia do Brasil: Região Sudeste. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, v. 3, pp. 1-50.
- Oliveira, V.C. & Sajo, M.G.** 1999. Anatomia foliar de espécies epífitas de Orchidaceae. *Revista Brasileira de Botânica* 22: 365-374.
- Oliveira Filho, A.T. & Ratter, J.A.** 1995. A study of the origin of central brasilian forests by the analysis of plant species distribution paterns. *Edinburgh Journal of Botany* 52: 141-194.
- Pabst, G.F.J. & Dungs, F.** 1975. *Orchidaceae Braziliensis*. v. 2. Kurt Schmiersow, Hildesheim.
- Pita, P.B. & Menezes, N.L.** 2002. Anatomia da raiz de espécies de *Dyckia* Schult. f. e *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) da Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil), com especial referência ao velame. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 25-34.
- Pridgeon, A.M. & Stern, W.L.** 1982. Vegetative anatomy of *Myoxanthus* (Orchidaceae). *Selbyana* 7: 55-63.
- Pridgeon, A.M., Stern, W.L. & Benzing, D.H.** 1983. Tilosomes in roots of Orchidaceae: morphology and systematic occurrence. *American Journal of Botany* 70: 1365-1377.
- Pridgeon, A.M.** 1987. The velamen and exodermis of orchid roots. *In:* J. Arditti. Ithaca (ed.). *Orchid Biology: reviews and perspectives*. Cornell University Press, New York, pp. 139-92.
- Proença, S.L. & Sajo, M.G.** 2008. Rhizome and root anatomy of 14 species of Bromeliaceae. *Rodriguésia* 59: 113-128.
- Rohlf, F.J.** 1988. NTSYS numerical taxonomy and multivariate analysis system. Exeter Publishing, New York.
- Rosso, S.W.** 1966. The vegetative anatomy of the Cyripedioideae (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 59: 309-341.
- Sanford, W.W. & Adanlawo, I.** 1973. Velamen and exodermis characters of west african epiphytic orchids in relation to taxonomic grouping and habitat tolerance. *Botanical Journal of the Linnean Society* 66: 307-321.
- Scatena, V.L. & Nunes, A.C.** 1996. Anatomia de *Pleurothallis rupestris* Lindl. (Orchidaceae) dos campos ruprestres. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* 15: 35-43.
- Singh, H.** 1986. Anatomy of root in some Orchidaceae. *Acta Botanica* 14: 24-32.
- Silva, I.V., Meira, R.M.S.A., Azevedo, A.A. & Euclides, R.M.A.** 2006. Estratégias anatômicas foliares de treze espécies de Orchidaceae ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) - MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20: 741-750.
- Sneath, P.H. & Sokal, R.R.** 1973. *Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification*. W.H. Freeman, San Francisco.
- Stern, W.L.** 1997a. Vegetative anatomy of subtribe Orchidinae (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 124: 121-136.
- Stern, W.L.** 1997b. Vegetative anatomy of subtribe Habenariinae (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 125: 211-227.
- Stern, W.L. & Whitten, W.M.** 1998. Comparative vegetative anatomy of *Stanhopeinae*

- (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 129: 87-103.
- Stern, W.L. & Judd, W.S.** 2001. Comparative anatomy and systematic of Catasetinae (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 136: 153-178.
- Stern, W.L., Judd, W.S. & Carlswald, B.S.** 2004. Systematic and comparative anatomy of Maxillarieae (Orchidaceae), *sans* Oncidiinae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 144: 251-274.
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A.** 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Departamento de recursos naturais e estudos ambientais, Rio de Janeiro.
- Williams, N.H.** 1979. Subsidiary cells in the Orchidaceae: Their general distribution with special reference to development in the Oncidiaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 78: 41-66.
- Withner, C.L., Nelson, P.K. & Wejksnora, P.J.** 1974. The anatomy of Orchids. *In*: C.L. Withner (ed.). *The Orchids: Scientific Studies*. John Wiley, New York, pp. 267-347.