

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**MORFO-ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS E DO ESCAPO E
DESENVOLVIMENTO DO AERÊNQUIMA DA RAIZ E DA BAINHA FOLIAR DE
CEPHALOSTEMON ANGUSTATUS MALME (RAPATEACEAE)**

Ana Cristina Honória de Oliveira

**Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de
Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas**

Uberlândia - MG
Julho - 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**MORFO-ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS E DO ESCAPO E
DESENVOLVIMENTO DO AERÊNQUIMA DA RAIZ E DA BAINHA FOLIAR DE
CEPHALOSTEMON ANGUSTATUS MALME (RAPATEACEAE)**

Ana Cristina Honória de Oliveira

Profa. Dra. Neuza Maria de Castro

**Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de
Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas**

Uberlândia - MG
Julho - 2003

À minha mãe, Luzia;
Ao meu pai, Juraci;
Ao meu irmão, Ranier;
Ao meu amigo e amor, Francisco.

"Se não houver frutos, valeu a beleza das flores; se não houver flores, valeu a sombra das folhas; se não houver folhas, valeu a intenção da semente."

(Henfil)

AGRADECIMENTOS

A caminhada foi árdua, porém chegou ao fim uma etapa muito importante de minha vida. Neste momento é gratificante poder lembrar e agradecer a todas as pessoas que estiveram presentes nesta etapa e as instituições que tornaram possível a realização deste trabalho.

Agradeço a Deus pelo maravilhoso dom da vida e por sua constante presença junto a mim.

Aos meus pais Juraci e Luzia, a quem devo tudo. Obrigada pelas vezes que renunciaram aos seus sonhos em função dos meus, pelas palavras de grande incentivo...por mais que escreva nunca conseguirei traduzir em palavras a minha gratidão. Amo Vocês!

Ao meu irmão Ranier, sempre companheiro.

À minha querida avó Julia, que mesmo sem saber sequer a ler, sempre rezou e muito me apoiou para que eu seguisse em frente.

Ao meu amor Francisco, pelos momentos maravilhosos que vivemos, por estar sempre ao meu lado, pelo carinho e segurança que me transmite e principalmente pela paciência compreendendo minhas ausências.

Aos familiares que sempre torceram por mim.

Às amigas Mariana, Karine, Shirley, Vanessa, Cristina, Elaine, Francielle e Yelnnia pela amizade que construímos. Foi muito bom conviver com vocês esses anos, vou sentir saudades.

À todos os demais amigos da turma *Tabebuia aurea*, pelos momentos de alegria compartilhados, pelos bate-papos, passeios...

Aos "irmãozinhos" Patrícia e Igor, pela agradável convivência, pelas conversas sérias ou não, e ajuda em vários momentos.

Agradeço de forma especial à Profª. Dra. Neuza Maria de Castro. Obrigada pela orientação eficiente, amiga e descontraída, por estar sempre à disposição quando preciso e pela confiança demonstrada durante o desenvolvimento deste trabalho. Admiração e gratidão se misturam quando vejo o que aprendi através de seu exemplo. Tenha a certeza de que sinto orgulho de ter sido sua aluna.

À Profª. Dra. Renata Carmo de Oliveira e ao Prof. Dr. Ivan Schiavini por fazerem parte da banca.

Ao Prof. Dr. Paulo Eugênio de Oliveira pelo empréstimo do scanner de slides.

À Profª. Dra. Heloísa pelos corantes.

À Márcia, sempre prestativa, pelo cuidado com o preparo do material, pela agradável companhia no laboratório e pelas palavras de confiança.

Às funcionárias Dulce, Flávia, Angélica, Sirlene e Elita, pela disposição em ajudar.

À Mestre Simone Mendes, pela ajuda com o material herborizado e por transportá-lo até o Herbário.

Ao CNPq, pela bolsa concedida durante dois anos.

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro, viabilizando a execução do trabalho.

À todas as demais pessoas que direta ou indiretamente participaram da realização desse trabalho.

SUMÁRIO

Introdução Geral.....	01
• A família Rapateaceae.....	01
• Veredas.....	02
• Aerênquima.....	03
• Referências Bibliográficas.....	05
Capítulo 1 - Morfo-anatomia dos órgãos vegetativos e do escapo de <i>Cephalostemon angustatus</i> Malme (Rapateaceae).....	09
• Introdução.....	10
• Material e Métodos.....	12
• Resultados e Discussão.....	13
• Referências Bibliográficas.....	22
• Ilustrações.....	28
Capítulo 2 - Desenvolvimento do aerênquima da raiz e da bainha foliar de <i>Cephalostemon angustatus</i> Malme (Rapateaceae).....	35
• Introdução.....	37
• Material e Métodos.....	38
• Resultados e Discussão.....	39
• Referências Bibliográficas.....	42
• Ilustrações.....	45

INTRODUÇÃO GERAL

• A FAMÍLIA RAPATEACEAE

A família Rapateaceae possui 16 gêneros distribuídos, especialmente, na América do Sul tropical (JOLY, 1976) e destes, apenas seis são brasileiros: *Schoenocephalum*, *Stegolepsis*, *Rapatea*, *Saxo-Fredericia*, *Cephalostemon* e *Spatanthus* (SCHULTZ, 1968). *Cephalostemon* e *Rapatea* são os gêneros mais comuns no Brasil Central, com as espécies ocorrendo tanto nos brejos como nas margens sombreadas de rios e riachos (JOLY, 1976). As Rapateaceae são plantas de terrenos brejosos, ocorrendo tanto no interior das matas, como nos campos abertos, mas sempre em lugares encharcados (JOLY, 1976). *Cephalostemon angustatus* Malme pertence a subfamília Rapateoideae, tribo Rapateae e cresce em locais úmidos como, por exemplo, as veredas.

Segundo Cronquist (1981) as Rapateaceae são plantas perenes, geralmente, acumuladoras de alumínio (uma característica pouco comum entre as monocotiledôneas) e, algumas vezes, apresentam células taníferas no parênquima, podendo ainda, apresentar corpos silicosos nas células epidérmicas.

As folhas das espécies de Rapateaceae são graminiformes, duras, lisas, plicadas na parte basal, onde se alargam em bainha (SCHULTZ, 1968). A epiderme é unisseriada, os estômatos são paracíticos, anomocíticos ou tetracíticos e a epiderme da bainha foliar apresenta tricomas que produzem mucilagem (CRONQUIST, 1981).

Essas comunidades exercem papel fundamental na manutenção da fauna do Cerrado, como local de pouso para a avifauna, atuando como refúgio, abrigo, fonte de alimento e local para a reprodução bem como, para a fauna terrestre e aquática (CARVALHO, 1991).

No estado de Minas Gerais, as veredas ocorrem nas áreas de Cerrado do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Alto São Francisco. No município de Uberlândia, as veredas e os campos úmidos ocupam 6,68% da sua área total, associados às nascentes situadas nas chapadas de interflúvio entre os rios Araguari, Uberabinha e Tijuco (LIMA; QUEIROZ NETO, 1996).

As veredas estão sendo degradadas devido à exploração de argila e turfa, atividade agropecuária, avanço da urbanização, construção de estradas e canais de drenagem (ARAÚJO et al., 2002) e as conseqüências dessa degradação têm sido desastrosas para este ambiente, com os assoreamentos, ressecamento dos solos, diminuição do volume hídrico, erosão e perda irreparável de sua beleza e biodiversidade (GUIMARÃES, 2001).

- **AERÊNQUIMA**

Nas plantas que vivem em ambientes alagados, o estresse à baixas concentrações de oxigênio é minimizado com o desenvolvimento de aerênquima (SCHUSSLER; LONGSTRETH, 2000). Aerênquima é todo tecido vegetal permeado por grandes espaços de ar (ARMSTRONG et al., 1994 apud LONGSTRETH; BORKHSENIUS, 2000) e a formação desse tipo de tecido é considerada uma adaptação anatômica à hipoxia (ESAU, 1977). Os espaços do aerênquima formam um caminho interno para o transporte de oxigênio, desde a parte aérea da planta até a raiz, permitindo a oxigenação dos órgãos submersos e ajudando na respiração e na oxidação de compostos tóxicos (SCHUSSLER; LONGSTRETH, 1996). No

entanto, para a maioria das plantas que apresentam aerênquima, a sua descrição tem sido feita a partir do tecido maduro e pouco se conhece sobre a sua ontogênese.

A formação dos espaços do aerênquima pode ocorrer por processos lisígenos ou esquizógenos (SMIRNOFF; CRAWFORD, 1983). Os lisígenos formam-se por lise (morte) celular e são facilmente identificados pela presença de restos de paredes celulares nos espaços do tecido maduro, enquanto que, os espaços esquizógenos formam-se pela separação das células durante o desenvolvimento do tecido (ESAU, 1977; SMIRNOFF; CRAWFORD, 1983). No entanto, o reconhecimento dos espaços do aerênquima como "lisígenos" ou "esquizógenos", geralmente, é baseado apenas na observação do tecido maduro e não na análise dos diferentes estágios de formação do tecido (SCHUSSLER; LONGSTRETH, 1996).

A formação de aerênquima do tipo lisígeno pode resultar de um tipo de morte celular programada (MCP) (SCHUSSLER; LONGSTRETH, 2000) e, segundo esses autores, na maioria das vezes, a MCP caracteriza-se, inicialmente, por mudanças na organização do núcleo das células, seguida de várias outras alterações celulares.

Evidências experimentais têm demonstrado que a formação dos espaços lisígenos do aerênquima podem ser mediadas pelo etileno (HE et al., 1996 apud LONGSTRETH; BORKHSENIUS, 2000; VARTAPETIAN; JACKSON, 1997 apud LONGSTRETH; BORKHSENIUS, 2000; RAVEN et al., 2001). O papel do etileno e a clássica descrição da lise celular, têm levado à hipótese de que a formação dos espaços do aerênquima, resulta de um tipo de MCP, semelhante àquela observada em sistemas animais (HE et al., 1996 apud SCHUSSLER; LONGSTRETH, 1996; DREW et al., 2000 apud LONGSTRETH; BORKHSENIUS, 2000). As mudanças na aparência dos vacúolos e, em alguns casos, as mudanças observadas no núcleo, são semelhantes às descrições de MCP em células animais (CAMPBELL; DREW, 1983 apud LONGSTRETH; BORKHSENIUS, 2000; WEBB; JACKSON, 1986 apud LONGSTRETH; BORKHSENIUS, 2000; SCHUSSLER;

LONGSTRETH, 2000). Evidências bioquímicas usadas para caracterizar a MCP em células animais, também têm sido observadas em células vegetais, na origem lisígena dos espaços de ar do aerênquima (LONGSTRETH; BORKHSENIUS, 2000). No entanto, segundo esses autores, apenas estudos com o uso de microscopia eletrônica de transmissão são capazes de indicar a ocorrência de MCP no desenvolvimento do aerênquima.

Recentemente, Seago Jr, Peterson; Enstone (2000) descreveram um novo tipo de formação do aerênquima para as raízes de *Pontederia cordata*, que denominaram "expansão diferencial", onde a formação das lacunas do tecido maduro acontece devido a um ligeiro crescimento dos espaços esquizógenos formados no meristema fundamental da raiz, e por um estiramento específico das paredes celulares ao redor desses espaços.

Este trabalho teve como objetivo: a) descrever as características morfo-anatômicas dos órgãos vegetativos e do escapo de *Cephalostemon angustatus* Malme, bem como, correlacioná-las às condições do ambiente onde a espécie cresce; b) estudar a ontogênese do aerênquima da raiz e da bainha foliar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, G. M., BARBOSA, A. A. A., ARANTES, A. A.; AMARAL, A. F. Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 475 - 493, dez. 2002.

CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 54-56, 1991.

CASTRO, J. P. C. As veredas e sua proteção jurídica, o regime administrativo florestal no Brasil. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 4, n. 46, p. 39-54, abril/maio/junho. 1981.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia University Press. New York, 1981. 1262 p. Vol. 2.

ESAU, K. **Anatomy of seed plants**. 2. ed. Santa Barbara, California, 1977. 550p.

GUIMARÃES, A. J. M. **Características do solo e da comunidade vegetal em área natural e antropizada de um vereda na região de Uberlândia-MG**. 2001. 44f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação do Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

JOLY, A. B. **Botânica - Introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo. Companhia Editora Nacional, 1976. 777 p.

LIMA, S. C.; QUEIROZ NETO, J. P. As veredas e a evolução do relevo. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 15, p. 481-488, 1996.

LONGSTRETH, D. J.; BORKHESENIOUS, O. N. Root cell ultrastructure in developing aerenchyma tissue of three wetland species. **Annals of Botany**, Oxford, v. 86, p. 641-646, 2000.

MAGALHÃES, G. M. Características de alguns tipos florísticos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, n. 1, p. 76-92, 1956.

Capítulo 1

MORFO-ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS E DO ESCAPO DE *CEPHALOSTEMON* *ANGUSTATUS* MALME (RAPATEACEAE)

Trabalho a ser submetido a Bioscience Journal

**MORFO-ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS E DO ESCAPO DE
CEPHALOSTEMON ANGUSTATUS MALME (RAPATEACEAE)**

**MORPHO-ANATOMY OF VEGETATIVE ORGANS AN SCAPE OF *CEPHALOSTEMON
ANGUSTATUS* MALME (RAPATEACEAE)**

RESUMO - *Cephalostemon angustatus* é uma espécie comum nas veredas do município de Uberlândia-MG. A raiz apresenta epiderme unisseriada; córtex dividido em: externo, mediano (aerênquima) e interno e no cilindro vascular ocorrem, aproximadamente, dez pólos de protoxilema. O rizoma é estreito e apresenta duas regiões: a periférica, atravessada pelos os traços foliares e as raízes adventícias e a central contendo os feixes vasculares. A epiderme foliar é unisseriada, e algumas células apresentam corpos silicosos. A folha é anfiestomática, isolateral e apresenta células taníferas. Os feixes vasculares são colaterais, envolvidos pelo periciclo e pela endoderme. Na bainha foliar, a epiderme apresenta tricomas secretores de mucilagem e o parênquima clorofiliano é substituído por aerênquima. No escapo, o sistema vascular é formado por unidades vasculares envolvidas por fibras e por feixes menores isolados; a medula é oca, atravessada por diafragmas formados por células parenquimáticas braciiformes.

UNITERMOS: Aerênquima, corpos silicosos, endoderme, unidades vasculares.

INTRODUÇÃO

A família Rapateaceae possui 16 gêneros distribuídos, especialmente, na América do Sul tropical (JOLY, 1976) e destes, apenas seis são brasileiros: *Schoenocephalum*, *Stegolepsis*, *Rapatea*,

Saxo-Fredericia, *Cephalostemon* e *Spatanthus* (SCHULTZ, 1968). *Cephalostemon* e *Rapatea* são os gêneros mais comuns no Brasil Central, com as espécies ocorrendo tanto nos brejos como nas margens sombreadas de rios e riachos (JOLY, 1976). As Rapateaceae são plantas de terrenos brejosos (raramente epífitas), ocorrendo tanto no interior das matas, como nos campos abertos, mas sempre em lugares encharcados (JOLY, 1976). Os solos argilosos, sempre encharcados das veredas, com seus poros finos facilmente apresentam deficiência em oxigênio; no entanto, muitas plantas são capazes de germinar e crescer nesses solos com deficiência de oxigênio, por apresentarem adaptações (desenvolvimento de aerênquima e formação de um sistema de raízes laterais) que lhes confere habilidade para sobreviver em um ambiente anóxico (LARCHER, 2000).

As veredas são comunidades hidrófilas, constituídas por um denso estrato graminoso-herbáceo, de aspecto sempre verde, com algumas ilhas de vegetação arbustivo-arbórea; os solos são hidromórficos, quase sempre argilosos, escuros, pretos, pardacentos, cinzentos ou amarelados, saturados de água a maior parte do ano (MAGALHÃES, 1956; CASTRO, 1981; CARVALHO, 1991; SILVA JÚNIOR; FELFILI, 1998; RIBEIRO; WALTER, 1998).

A fitofisionomia da vereda é caracterizada pela presença de *Mauritia flexuosa* (buriti), uma palmeira com altura média entre 12-15 metros, que emerge acima do dossel herbáceo, onde predominam espécies das famílias Poaceae, Cyperaceae e Eriocaulaceae (MAGALHÃES, 1956; CARVALHO, 1991; RIBEIRO; WALTER, 1998). No município de Uberlândia as veredas e os campos úmidos ocupam 6,68% da área total, associados às nascentes situados nas chapadas de interflúvio entre os rios Araguari, Uberabinha e Tijuco (LIMA; QUEIROZ NETO, 1996).

Nessas plantas que vivem em ambientes alagados, o estresse a baixas concentrações de oxigênio é minimizado com o desenvolvimento de aerênquima (SCHUSSLER; LONGSTRETH, 2000. Aerênquima é todo tecido vegetal permeado por grandes espaços de ar (ARMSTRONG et al., 1994 apud LONGSTRETH; BORKHSENIUS, 2000) e a sua formação é considerada uma adaptação anatômica à hipoxia (ESAU, 1977). Segundo SCHUSSLER; LONGSTRETH (1996), os espaços do aerênquima produzem um caminho interno para o transporte de oxigênio da parte aérea

até a raiz, permitindo a oxigenação dos órgãos submersos e ajudando na respiração e na oxidação de compostos tóxicos. No entanto, segundo esses autores pouco se conhece sobre a ontogênese do aerênquima.

Por serem escassos os dados sobre a anatomia das Rapateaceae (CARLQUIST, 1966 e 1969), os objetivos deste trabalho são: caracterizar morfo-anatomicamente os órgãos vegetativos e o escapo de *Cephalostemon angustatus* Malme, bem como, correlacionar essas características com as condições do ambiente onde a espécie cresce.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de *C. angustatus* Malme foram coletadas nas veredas da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Clube Caça e Pesca Itororó, em Uberlândia (MG) e representantes da população estudada se encontram registrados no Herbarium Uberlandense, da Universidade Federal de Uberlândia, sob número 28142.

O material para os estudos anatômicos foi fixado com FAA (formaldeído 37-40%, ácido acético glacial e álcool etílico 50%, 1:1:18, v/v) (JOHANSEN, 1940) e/ou FAA + glutaraldeído (LERSTEN; CURTIS, 1988), por 24-48 horas, e armazenado em etanol 50%.

Foram feitos cortes histológicos a mão livre de parte do material. Os cortes foram corados com azul de astra e fucsina básica (KRAUS et al., 1998) e lâminas semi permanentes foram montadas, usando-se água glicerinada como meio de montagem. A epiderme foliar foi destacada manualmente, a partir de folhas frescas.

Amostras do rizoma foram submetidas à desidratação etanólica-butílica (MONTENEGRO, 1985) e incluídas em paraplast (KRAUS; ARDUIN, 1997). A seguir, os blocos foram seccionados com micrótomo rotatório ($\pm 9 \mu\text{m}$) e os cortes corados com azul de astra e fucsina básica (KRAUS et al., 1998).

Amostras de raiz, folha e escapo foram ainda submetidas a desidratação etanólica (KRAUS; ARDUIN, 1997) e incluídas em historresina Leica, seguindo instruções do fabricante. O material embocado foi seccionado com micrótomo rotatório (7 - 9 μm) e as secções coradas com azul de toluidina 0,05% em tampão acetato/ácido acético 0,1M (PEARSE, 1961).

Para a identificação do amido e da lignina utilizou-se cloreto de zinco iodado (JENSEN, 1962 apud KRAUS; ARDUIN, 1997), para os materiais graxos utilizou-se Sudan IV (GERLACH, 1984 apud KRAUS; ARDUIN, 1997); para os compostos fenólicos, o cloreto férrico (JOHANSEN, 1940); para a sílica, utilizou-se cristais de fenol (JOHANSEN, 1940) e para as substâncias pécticas, o vermelho de rutênio (CHAMBERLAIN, 1932 apud KRAUS; ARDUIN, 1997).

A análise dos cortes foi feita sob microscopia óptica de luz e de interferência de fase (DIC) e os resultados anatômicos foram registrados por meio de fotomicrografias, obtidas com o uso do fotomicroscópio Zeiss-Axioplan e filme Kodacolor 100.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cephalostemon angustatus é uma planta higrófila, que cresce em locais úmidos, comum nas veredas do município de Uberlândia-MG.

A espécie é herbácea, rizomatosa; o rizoma é curto com, aproximadamente, 1,0 cm de diâmetro; as folhas são eretas, vistosas, com cerca de 28,0 cm de comprimento e 0,4 cm de largura e suas bainhas são equitantes. O escapo, que sustenta as inflorescências, é longo com, aproximadamente, 80,0 cm de comprimento e as inflorescências são envolvidas por brácteas e compostas de várias flores amarelas, que se abrem aos poucos, ao longo de muitos dias (RIBEIRO et al., 1999).

Raiz

A figura 1 mostra uma vista geral da raiz madura de *C. angustatus*, em corte transversal, onde se observa a saída de uma raiz lateral (seta), a epiderme, o córtex e o cilindro vascular.

A epiderme (Ep) é unisseriada, formada de células, aproximadamente, retangulares de paredes delgadas (Fig. 2 e 3). Na raiz madura a epiderme é parcialmente destruída (Fig. 1 - estrela), como também foi observado por Carlquist (1966) nas espécies de Rapateaceae por ele estudadas. No interior de algumas células epidérmicas, nota-se a presença de hifas (Fig. 2 - seta).

Sob a epiderme observa-se a exoderme (Fig. 2 e 3 - Ex), denominada por Carlquist (1966) de córtex externo. Na raiz madura, a exoderme possui as paredes lignificadas, espessadas em U invertido (Fig. 2 e 3 - Ex). Segundo Peterson (1992), a exoderme, com as paredes espessadas, serviria para proteger a raiz do ataque de patógenos do solo. A presença de hifas, constatadas apenas nas células epidérmicas (Fig. 2 - seta) da raiz de *C. angustatus*, reforça esta proteção sugerida pelo autor.

Nos cortes do material incluído em historresina, a região mediana do córtex (CM), dá a falsa impressão de ser formada apenas por fileiras radiais de células estreitas e grandes espaços de ar entre elas (Fig. 1 e 3). Carlquist (1966), descreve o córtex mediano como formado por células de dois tipos: as estreitas, ou tabulares e as células maiores arredondadas entre elas. Segundo Carlquist (1966), as células maiores arredondadas colapsam na raiz madura, deixando espaços entre elas, restando apenas a rede formada pelas células menores. No entanto, cortes feitos à mão livre (Fig. 5, 6a e 6b) mostram que, nesta região, tanto as células maiores arredondadas como as menores tabulares, permanecem intactas. O que, provavelmente, levou Carlquist (1966) a pensar em lise das células maiores foi a fina espessura das secções, que dá a impressão de ter havido a destruição dessas células maiores.

O córtex interno (CI) é formado de 6 - 8 camadas de células dispostas radialmente (Fig. 3). Essas células são, aproximadamente, isodiamétricas em secção transversal (Fig. 3) e alongadas em secção longitudinal, unidas entre si por pequenas protuberâncias (Fig. 6a - setas).

A disposição radiada das células do córtex interno (Fig. 3 e 4) sugere que, provavelmente, toda essa região tenha sido originada a partir da atividade da proendoderme ou endoderme meristemática, conforme também relatado por Seago Jr., Peterson; Enstone (2000) para *Pontederia cordata*, e por Mello-de-Pinna; Menezes (2003) para as espécies de *Richterago*.

Algumas células do córtex interno apresentam tanino (Fig. 3 e 5 - CT), como já mencionado por Carlquist (1966). No entanto, o amido encontrado pelo autor nas células da região cortical interna e externa, denominada "bainha de amido", não foi encontrado nas raízes analisadas. Segundo Scremin-Dias (comunicação pessoal), espécies anfíbias do Pantanal Mato-Grossense armazenam amido nos órgãos subterrâneos, que serviria como suprimento energético para o restabelecimento da parte aérea, após um período desfavorável. Assim, o fato de não ter sido encontrado amido nas células do córtex de *C. angustatus*, pode ser devido ao fato do material analisado ter sido coletado em uma época em que a planta já teria utilizado essa reserva.

A endoderme (En) é unisseriada, composta de células, aproximadamente, quadradas (Fig. 4), de paredes espessadas e lignificadas. Apesar de não ilustrado, a endoderme da raiz madura apresenta células de passagem em frente aos pólos de protoxilema (Px).

O cilindro vascular é delimitado por uma camada de periciclo (Pe), formado por células de paredes delgadas (Fig. 4). O floema e o xilema exibem um arranjo típico das raízes de monocotiledôneas, com os grupos de xilema e floema dispostos de modo alternado. Os elementos do metaxilema (Mx) formam um círculo ao redor de uma pequena medula composta de células parenquimáticas de paredes levemente espessadas (Fig. 4).

Caule

Em secção transversal (Fig. 10) e longitudinal (Fig. 7), o rizoma apresenta-se envolvido pelas bainhas das folhas (BF) e nele distingue-se duas regiões separadas pela endoderme (Fig. 12 e 17 - En): uma periférica, o córtex, contendo os traços foliares (TF) e as raízes adventícias e uma

região central, que contém os tecidos vasculares, conforme também mencionado por Carlquist (1966) nas espécies de Rapateaceae por ele estudadas.

O rizoma apresenta epiderme unisseriada (Fig. 8 e 9). Algumas células epidérmicas contém corpos silicosos em seu interior (Fig. 9 - CS). Essa epiderme apresenta uma grande quantidade de tricomas secretores de mucilagem, pluricelulares e unisseriados (Fig. 8). Provavelmente, a mucilagem produzida e acumulada entre o rizoma e a bainha das folhas (Fig. 7 e 10 - Mu) atuaria como defesa contra o ataque de microrganismos, conforme sugerido por Scatena (1990) para as raízes de *Syngonanthus*.

O parênquima cortical é formado por células parenquimáticas isodiamétricas, de paredes delgadas, contendo grande quantidade de grãos de amido em seu interior (Fig. 9), como relatado por Carlquist (1966) para o rizoma das espécies estudadas pelo autor. Provavelmente, o amido presente no córtex representa uma reserva a ser utilizada pela planta nos períodos desfavoráveis, assim como, permitir o restabelecimento da parte aérea no próximo período de crescimento da espécie.

O córtex não apresenta feixes vasculares próprios, a não ser os inúmeros traços foliares que o atravessam (Fig. 10 - TF), como o visto por Castro (1986) no rizoma das espécies de *Paepalanthus* por ela estudadas. Apesar de não documentado, verificou-se que o traço foliar, antes de atingir a base da folha, ramifica-se, como também observado por Castro (1986) em *Paepalanthus*. De acordo com Castro (1986), a ramificação de um traço foliar significa que o único feixe vascular que constitui esse traço representa, em termos evolutivos, o resultado da fusão de vários traços foliares menores.

A região cortical do rizoma de *C. angustatus* é atravessada por inúmeras raízes adventícias, em diferentes estágios de desenvolvimento (Fig. 16 - seta e 17). Raízes intracorticais também foram relatadas por Castro (1986) para o rizoma das espécies de *Paepalanthus*.

A endoderme (En) do rizoma maduro é composta por uma camada de células de paredes lignificadas (Fig. 12). Segundo Tomlinson (1969), a presença de endoderme lignificada no caule é comum para as espécies da família Eriocaulaceae, principalmente, para as espécies xerofíticas. No

entanto, apesar de *C. angustatus* viver em ambientes alagados, a endoderme na região mais velha do rizoma apresenta paredes espessas e lignificadas, como também observado por Scatena; Menezes (1995) nas espécies de *Syngonanthus*.

O cilindro vascular é delimitado pelo periciclo, formado por uma-duas camadas de células de paredes delgadas (Fig. 12 - Pe).

No cilindro central, os tecidos vasculares estão organizados em feixes que variam de anfigasais (Fig. 13 - FA) a irregularmente colaterais (Fig. 13 e 14 - FC), com os elementos de xilema envolvendo parcialmente o floema (Fig. 13 e 14 - FC). De acordo com o descrito por Castro (1986) para as espécies de *Paepalanthus*, a presença de diferentes tipos de feixes vasculares no cilindro central, certamente está relacionada com o deslocamento dos traços foliares no caule.

Segundo Carlquist (1966), os feixes colaterais centrais são traços de folha e os feixes anfigasais e/ou irregularmente colaterais periféricos são os feixes caulinares. Entre os feixes vasculares ocorrem células parenquimáticas de paredes delgadas (Fig. 10, 11, 13).

Sob o periciclo observa-se um cinturão de feixes contorcidos dispostos horizontalmente (Fig. 10 e 11) que, segundo Carlquist (1966), não são traços foliares ou feixes caulinares e sim os feixes que se dirigem para as raízes adventícias. No entanto, apenas uma análise mais detalhada, feita a partir de cortes seriados do rizoma, poderia confirmar estas observações.

A figura 15 mostra, em detalhe, que os elementos de vaso do metaxilema apresentam espessamento de parede do tipo escalariforme, como visto também por Carlquist (1966).

Folha

A figura 18 revela o aspecto geral, de uma secção transversal, da região mediana da folha, onde se observa a sua forma e a disposição dos feixes vasculares, que não difere do mencionado por Carlquist (1969) para as espécies de Rapateaceae.

A epiderme é unisseriada (Fig. 19, 22, 23, 25, 27 e 28), formada por células, aproximadamente, retangulares. As células epidérmicas são semelhantes nas duas superfícies da folha, sendo que, na superfície adaxial, são levemente maiores (Fig. 27). As células epidérmicas sobre os feixes de fibras subepidérmicas (FS) apresentam corpos silicosos (CS) no seu interior (Fig. 19) e, aquelas sobre as nervuras de maior porte, são menores e arredondadas.

Segundo Carlquist (1969), as Rapateaceae são hipoestomáticas. No entanto, *C. angustatus* é anfiestomática, com os estômatos presentes tanto na superfície adaxial como na superfície abaxial (Fig. 25 - setas), característica esta comum às espécies que vivem em ambientes úmidos.

Os estômatos, presentes nas duas faces da epiderme, são do tipo tetracítico (Fig. 20 e 21), e não paracíticos, como mencionado por Carlquist (1969). Esses estômatos aparecem dispostos entre as fileiras das células epidérmicas menores, que contém corpos silicosos (Fig. 20 - CS) no seu interior. Segundo Cheng et al. (1982) apud Oliveira (2000) a deposição de opala (corpos silicosos) na epiderme promove um aumento na espessura da folha, tornando-a mais ereta e, conseqüentemente, com uma maior área exposta para a realização da fotossíntese, bem como, uma maior proteção contra a herbivoria.

Na bainha foliar, a epiderme apresenta um grande número de tricomas, pluricelulares e unisseriados (Fig. 23 e 24), secretores de mucilagem e uma pequena quantidade de estômatos. A mucilagem secretada por esses tricomas, provavelmente, teria uma função protetora, semelhante à já mencionada para os tricomas observados no rizoma.

Apesar de *C. angustatus* crescer em solos encharcados, as células epidérmicas apresentam paredes espessadas e uma cutícula considerável que, possivelmente, estaria protegendo a planta, contra a ação de fungos e bactérias (CASTRO, 2000).

Na bainha foliar, os feixes de fibras subepidérmicas (FS) apresentam suas paredes menos espessadas (Fig. 23) do que o observado no limbo (Fig. 19 e 22).

No terço mediano da folha, o mesofilo é dorsiventral, com o parênquima clorofiliano paliádico sob a epiderme adaxial e o parênquima clorofiliano mais frouxo, localizado sob a

epiderme abaxial (Fig. 25 e 27). Nessa região a margem da folha é arredondada e apresenta um feixe de fibras subepidérmicas mais desenvolvido (Fig. 27 - FS). Nota-se a presença de células taníferas no mesofilo (Fig. 25 e 26 - CT). Segundo Raven et al. (2001), os compostos fenólicos (taninos) presentes em concentrações relativamente elevadas nas folhas de uma ampla variedade de plantas são um dos mais importantes dissuasores alimentares de herbívoros nas angiospermas. Dessa maneira, o tanino encontrado em *C. angustatus* estaria atuando contra a herbivoria.

Na bainha foliar, o aerênquima substitui o parênquima clorofiliano do mesofilo (Fig. 28 - Ae), possivelmente, para promover uma maior aeração interna, visto que, nos solos encharcados, a concentração de oxigênio disponível é baixa (SCHUSSLER; LONGSTRETH, 2000). O aerênquima observado na bainha é do tipo esquizo-lisígeno, formado pelo afastamento inicial das células parenquimáticas e, posteriormente, pela lise de algumas células (OLIVEIRA; CASTRO, 2003), visto que, se pode identificar restos de paredes celulares nos espaços formados (Fig. 28 - seta).

Os feixes vasculares da folha são colaterais (Fig. 26) e o seu número diminui da região basal, em direção à região apical da folha. Apesar de não ilustrado, foi constatada a presença de feixes comensurais, como comumente observado na folha de espécies de monocotiledôneas (FAHN, 1990).

Os feixes vasculares são envolvidos por uma bainha dupla: a externa, parenquimática, de natureza endodérmica (Fig. 25, 26, 27 e 28 - En) e a bainha interna, formada por células de paredes lignificadas, espessadas, de natureza pericíclica. Nos feixes maiores, o periciclo envolve o xilema e o floema (Fig. 26 - F1) e nos feixes menores envolve apenas o floema (Fig. 26). Nos feixes vasculares da bainha foliar (Fig. 29), as células da bainha pericíclica possuem as paredes delgadas, não lignificadas, e as células da endoderme apresentam grãos de amido em seu interior. Provavelmente, essa reserva de amido têm a função de suprir o vegetal nos períodos desfavoráveis, conforme mencionado anteriormente. A presença de bainha dupla nos feixes vasculares de folha é uma característica comum à várias famílias de Monocotyledonae (CASTRO; MENEZES, 1995;

SAJO, WANDERLEY; CARVALHO, 1995; SILVA, 2000; COAN, SCATENA; GIULETTI, 2002).

Escapo

O escapo maduro de *C. angustatus* é, aproximadamente, elíptico e com a medula oca atravessada, de espaço a espaço, por diafragmas de células braciiformes (Fig. 30 e 31).

A epiderme é unisseriada, formada por células, aproximadamente, cilíndricas, de paredes espessadas (Fig. 34 - seta).

Na região cortical, aparecem os feixes de fibras subepidérmicas (Fig. 34 - FS) e o parênquima clorofiliano (Fig. 32, 33 e 34), cujas células são alongadas, dispostas perpendicularmente à epiderme.

O sistema vascular do escapo é formado por unidades vasculares, compostas de três feixes vasculares (Fig. 30, 33 e 34) e por feixes vasculares menores isolados (Fig. 30 e 32). As unidades vasculares (Fig. 33 e 34) e os feixes isolados (Fig. 32) são envolvidos por camadas de células de paredes espessadas e lignificadas. Essas camadas representam a bainha interna, de natureza pericíclica (Fig. 33 e 34). Externamente ao periciclo espessado se vê a endoderme (Fig. 32, 33 e 34 - En), cujas células contêm amido (Fig. 33). As unidades vasculares maiores encontram-se ligadas à epiderme por extensões de bainha, formadas por células de paredes esclerificadas (Fig. 34 - FS).

Sajo, Wanderley; Carvalho (1995), relatam a presença de unidades vasculares, formadas por 3 - 4 feixes vasculares, nas folhas de espécies de Xyridaceae. Em *C. angustatus* essas unidades vasculares foram observadas apenas no escapo. A formação de unidades vasculares no escapo de *C. angustatus*, como o visto nas folhas de Xyridaceae por Sajo, Wanderley; Carvalho (1995), reforça a proximidade filogenética entre estas duas famílias.

Os feixes vasculares do escapo são colaterais, com os elementos do metaxilema bem desenvolvidos (Fig. 35 - Mx).

CONCLUSÃO

Cephalostemon angustatus desenvolve aerênquima na raiz e na bainha foliar como uma adaptação ao ambiente alagado em que vive;

A exoderme da raiz serviria para proteger a entrada de hifas;

A presença de células taníferas e de corpos silicosos na folha estaria protegendo a espécie do ataque de predadores;

A presença de unidades vasculares no escapo serviria para reforçar a proximidade filogenética entre Rapateaceae e Xyridaceae.

ABSTRACT - *Cephalostemon angustatus* is a common specie in veredas of Uberlândia (MG). The root shows unisseriate epidermis; cortex divided in outermost, median (aerenchyma) and innermost region and in the stele occurring, approximately, ten protoxylem poles. The rhizome is narrow and within it we distinguish two region: the peripheral, containnig leaf traces and adventicious roots and the central containing vascular bundles. The leaf epidermis is unisseriate, with cells containnig silica bodies. The leaf is amphyestomatic, isolateral and show tanniferous cells. The vascular bundle are collateral and they are surrounded by na endodermis and the perycicle. In the sheath the epidermes shows glandular trichomes of slime and the mesophill chlorenchiymas is substituted by aerenchyma. The escapo is elliptic, with the vascular system presents, vascular units envolved by fibres and separated bundles. In young escapo the medula is preenchida by parenchyma that disappear, resting only some diaphragms formed by parenchyma cells arms.

UNITERMS: Aerenchyma, endodermis, silica bodies, vascular units.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Processo nº 150/2001 e B-021/2002) e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, G. M., BARBOSA, A. A. A., ARANTES, A. A.; AMARAL, A. F. Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 475 - 493, dez. 2002.

CARLQUIST, S. Anatomy of Rapateaceae - Roots and Stems. **Phytomorphology**, Jodhpur, v. 16, n. 1, p. 17 - 38, 1966.

CARLQUIST, S. Rapateaceae. In: METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**. Oxford University Press, 1969. p. 128-145.

CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 54-56, 1991.

CASTRO, J. P. C. As veredas e sua proteção jurídica, o regime administrativo florestal no Brasil. **Brasil Florestal**, n. 46, p. 39-54, 1981.

CASTRO, N. M. **Estudos morfológicos dos órgãos vegetativos de espécies de Paepalanthus Kunth (Eriocaulaceae) da Serra do Cipó (Minas Gerais)**. 1986. 141 f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

CASTRO, N. M.; MENEZES, N. L. Aspectos da anatomia foliar de algumas espécies de *Paepalanthus* Kunth, Eriocaulaceae da Serra do Cipó (Minas Gerais). **Acta Botanica Brasilica**. Brasília, v. 9, n. 2, p. 213-229, dez. 1995.

CASTRO, N. M. **Morfologia Vegetal - Anatomia**. Uberlândia: UFU, 2000. Apostila. 103p.

COAN, A. I., SCATENA, V. L.; GIULIETTI, A. M. Anatomia de algumas espécies aquáticas de Eriocaulaceae brasileiras. **Acta Botanica Brasilica**. Brasília, v. 16, n. 4, p. 371-384, dez. 2002.

ESAU, K. **Anatomy of seed plants**. 2. ed. Santa Barbara, California, 1977. 550p.

FAHN, A. **Plant Anatomy**. Pergamon Press. New York, 1990. 587p.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Company Incorporation, 1940. 523 p.

JOLY, A. B. **Botânica - Introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo. Companhia Editora Nacional, 1976. 777 p.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Km 47 Antiga Rodovia Rio - São Paulo: Editora Universidade Rural (EDUR), 1997. 198 p.

KRAUS, J. E., SOUSA, H. C., REZENDE, M. H., CASTRO, N. M., VECCHI, C.; LUQUE, R. Astra blue and basic fuchsin double staining of plant material. **Biotechnic & Histochemistry**, Oxford, v. 73, n. 5, p. 235-243, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos. Rima Artes e Textos, 2000.531p.

LERSTEN, N. R.; CURTIS, J. L. Secretory reservoirs (ducts) of two kinds in giant ragweed (*Ambrosia trifida*, Asteraceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 75, n. 9, p. 1313-1323, 1988.

LIMA, S. C.; QUEIROZ NETO, J. P. As veredas e a evolução do relevo. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia, v. 15, p. 481-488, 1996.

LONGSTRETH, D. J.; BORKHESENIUS, O. N. Root cell ultrastructure in developing aerenchyma tissue of three wetland species. **Annals of Botany**, Oxford, v. 86, p. 641-646, 2000.

MAGALHÃES, G. M. Características de alguns tipos florísticos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, n. 1, p. 76-92, 1956.

MELLO-DE-PINNA, G. F. A.; MENEZES, N. L. Meristematic endodermis and secretory structures in adventitious roots of *Richtera* Kuntze (Mutisaceae-Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 1-10, mar. 2003.

MONTENEGRO, G. **Manual de técnicas de estudio estructural e ultraestructural en vegetales**. Laboratorio de Botánica. Facultad de Ciencias Biológicas. Pontífice Universidad Católica do Chile. 1985. 90 p.

OLIVEIRA, L. A. de. **Anatomia foliar de espécies de Dilleniaceae da Estação Ecológica do Panga (Uberlândia - MG)**, 2000. 33f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2000.

OLIVEIRA, A. C. H.; CASTRO, N. M. Desenvolvimento do aerênquima da raiz e da bainha foliar de *Cephalostemon angustatus* Malme (Rapateaceae). In: **Anais do 54º Congresso Nacional de Botânica**. Belém. 2003. CD-ROM.

PEARSE, A. G. E. **Histochemistry: theoretical and applied**. 2nd. Ed. London. 1961.

PETERSON, R. L. Adaptation of root structure in relation to biotic and abiotic factors. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 70, p. 661-675, 1992.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro - RJ. Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa – CPAC. Planaltina – DF, 1998. p. 89-152.

RIBEIRO, J. E. L. da 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, P. A. C. L., PEREIRA, E. C., SILVA, C. F., MESQUITA, M.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 1999. 799p.

SAJO, M. G., WANDERLEY, M. G. L.; CARVALHO, L. M. Caracterização anatômica foliar para 14 espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae) da Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 101-114, 1995.

SCATENA, V. L. **Morfoanatomia de espécies de *Syngonanthus* Ruhl. (Eriocaulaceae) dos campos rupestres do Brasil.** 1990. 141 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade de São Paulo, 1990.

SCATENA, V. L., MENEZES, N. L., Aspectos morfológicos e anatômicos do caule em espécies de *Syngonanthus* Ruhl. Eriocaulaceae. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 14, p. 91-107, 1995.

SCHULTZ, A. R. **Introdução ao estudo da botânica sistemática.** Porto Alegre. Editora Globo, 1968. 169 p.

SCHUSSLER, E. E.; LONGSTRETH, D. J. Aerenchyma develops by cell lysis in roots and cell separation leaf petioles in *Sagittaria lancifolia* (Alismataceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 83, n. 10, p. 1266-1273, out. 1996.

SCHUSSLER, E. E.; LONGSTRETH, D. J. Changes in cell structure during the formation of root aerenchyma in *Sagittaria lancifolia* (Alismataceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 1, p. 12-19, jan. 2000.

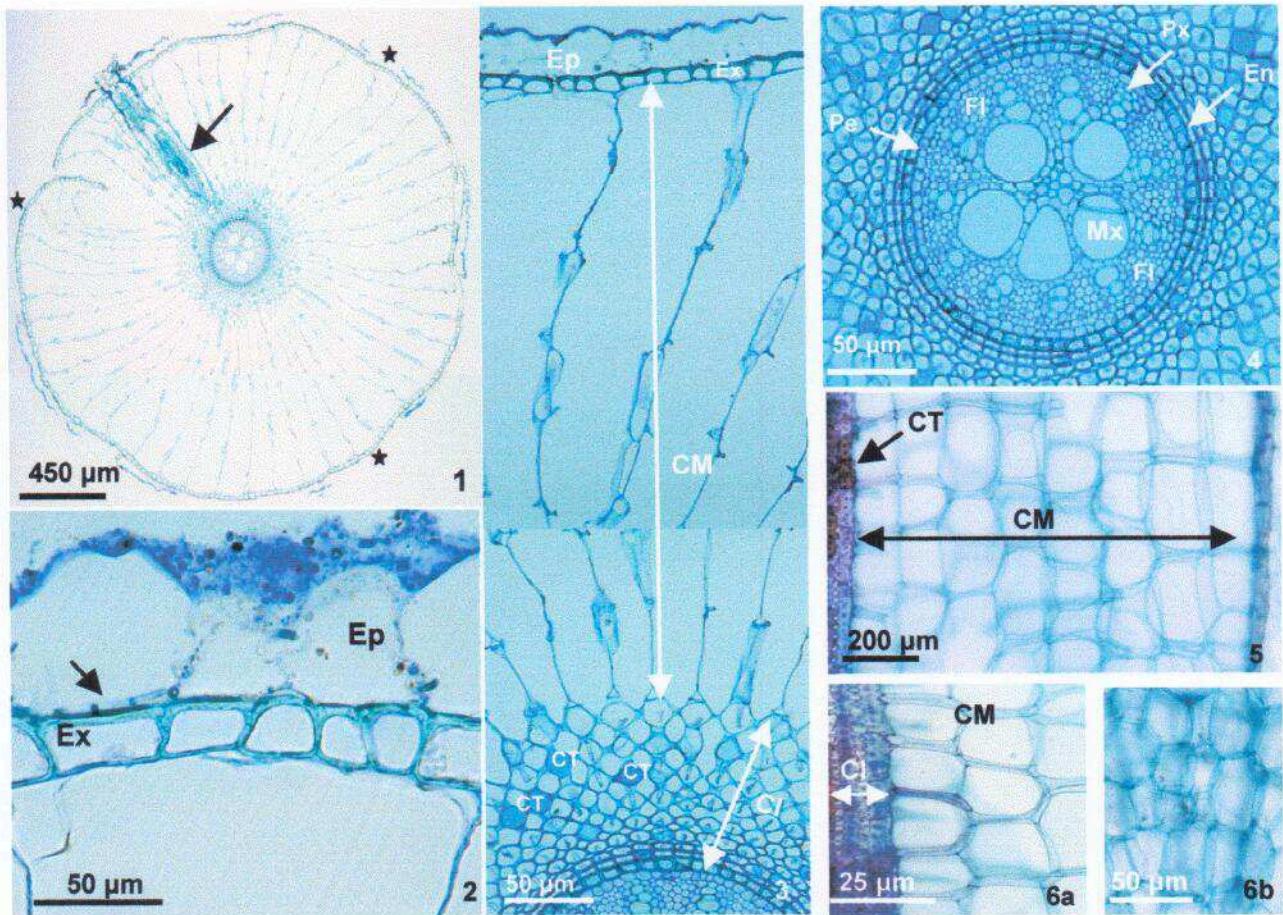
SEAGO Jr, J. L., PETERSON, C. A., ENSTONE, D. E. Cortical development in roots of the aquatic plant *Pontederia cordata* (Pontederiaceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 8, p.1116-1127, ago. 2000.

SILVA JÚNIOR, M. C. da , FELFILI, J. .M. **A Vegetação da Estação Ecológica de Águas Emendadas.** Editora Gráfica Guarany Ltda. Brasília - DF. 1998.

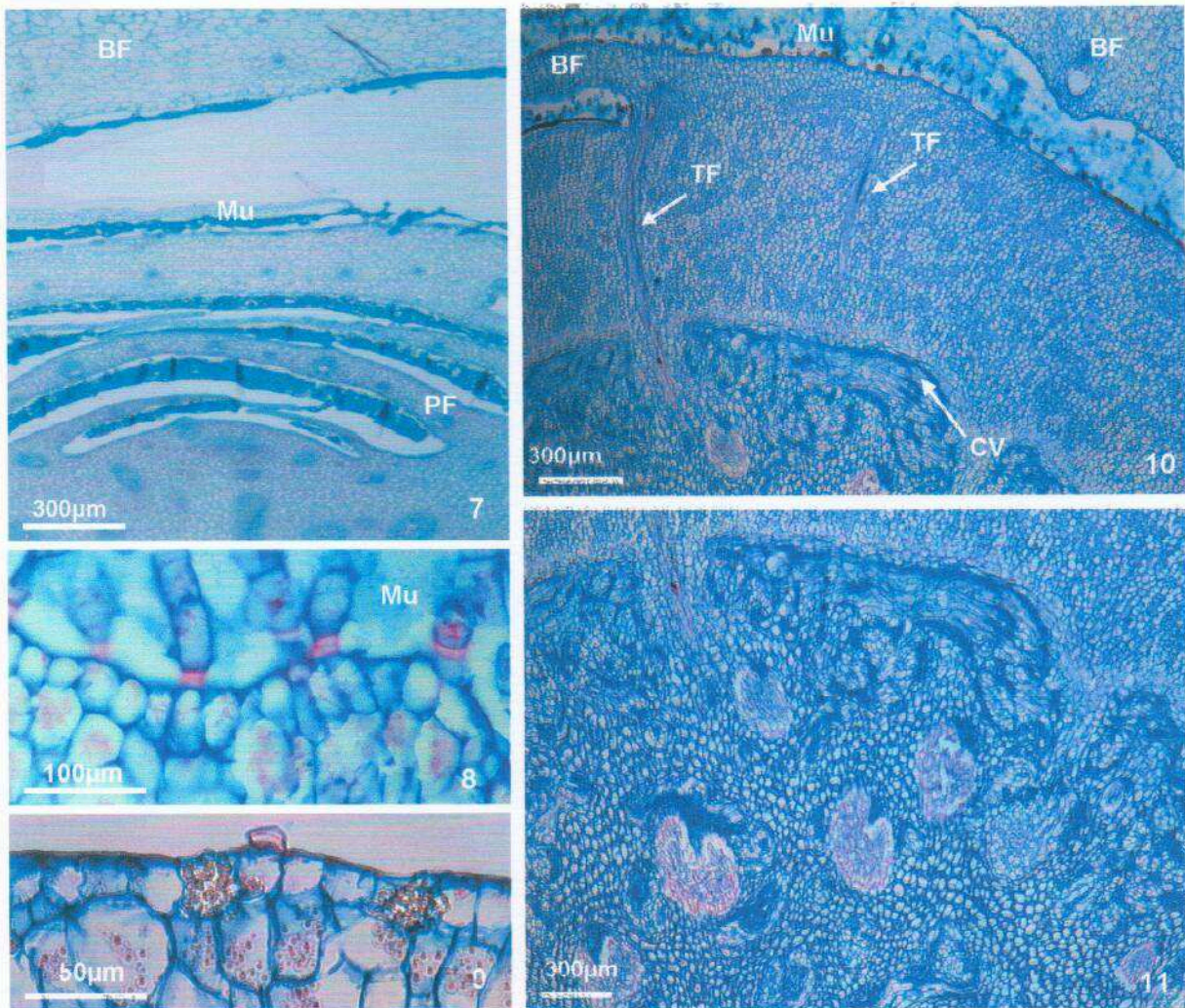
SILVA, D. C. Aspectos morfológicos em espécies de *Lagenocarpus* (Cyperaceae) do campo rupestre da Serra do Cipó-MG. 2001. 139 f. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade de São Paulo, São Paulo.2000.

TOMLINSON, P. B. Commelinales - Zingiberales. In: METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**. Oxford University Press, 1969. 446 p.

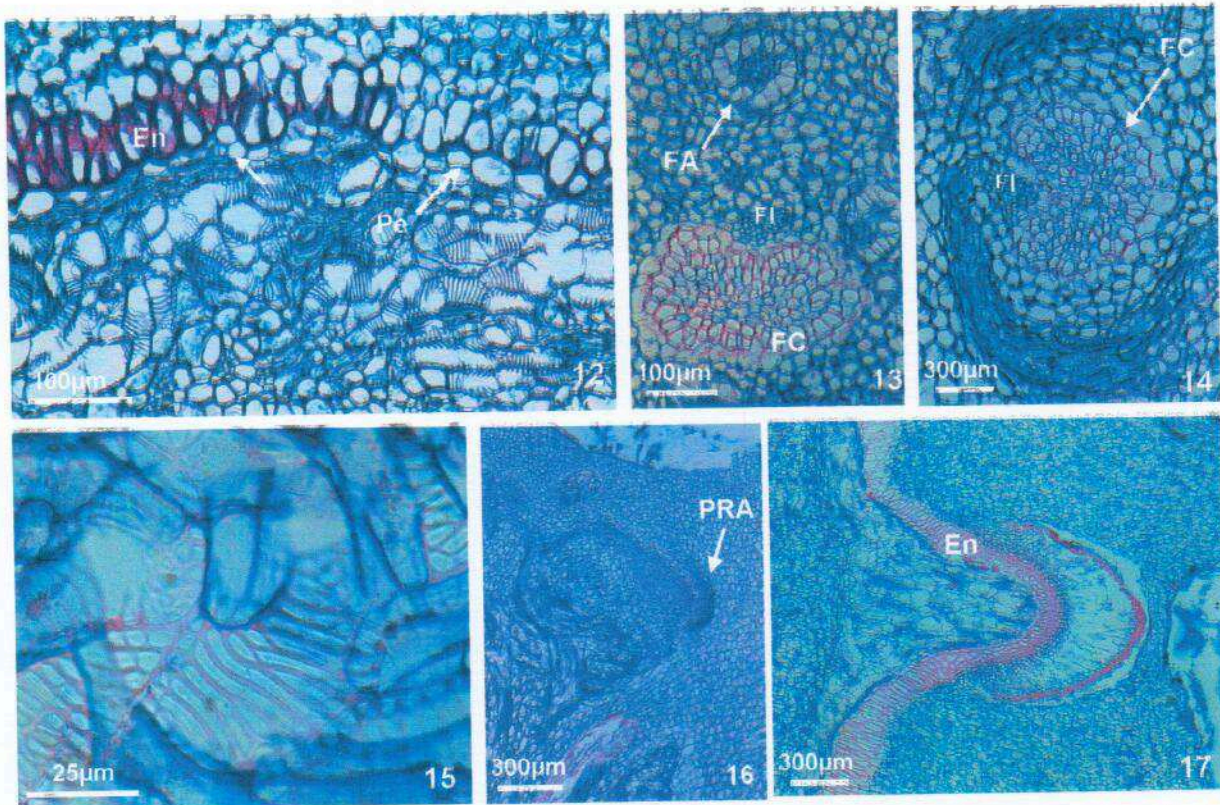
Ilustrações



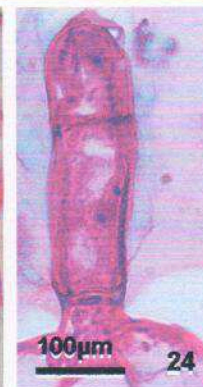
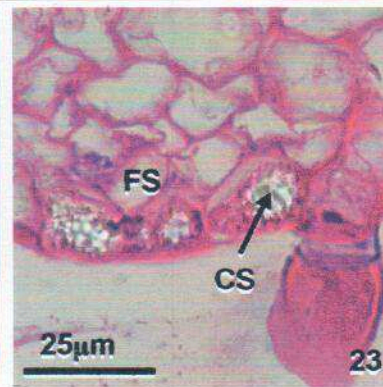
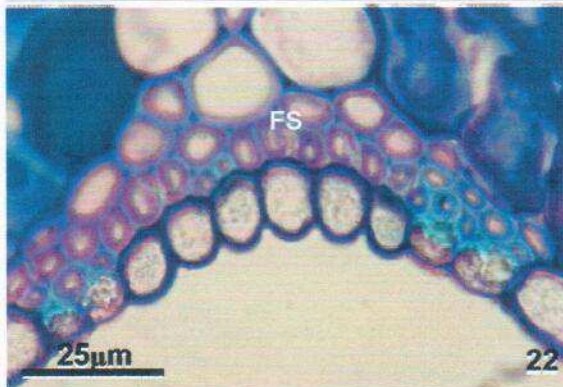
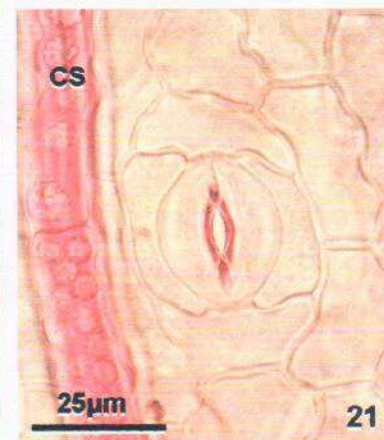
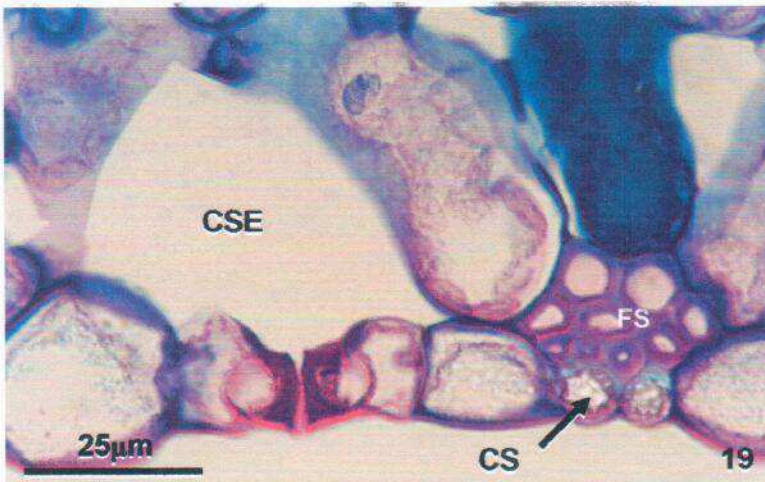
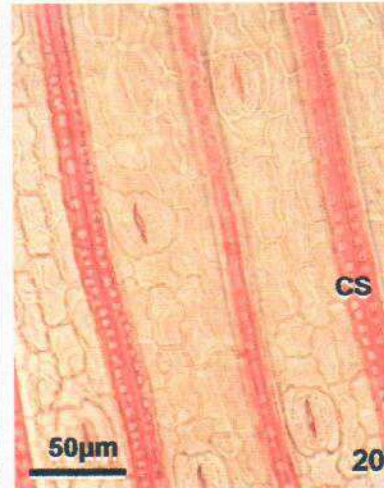
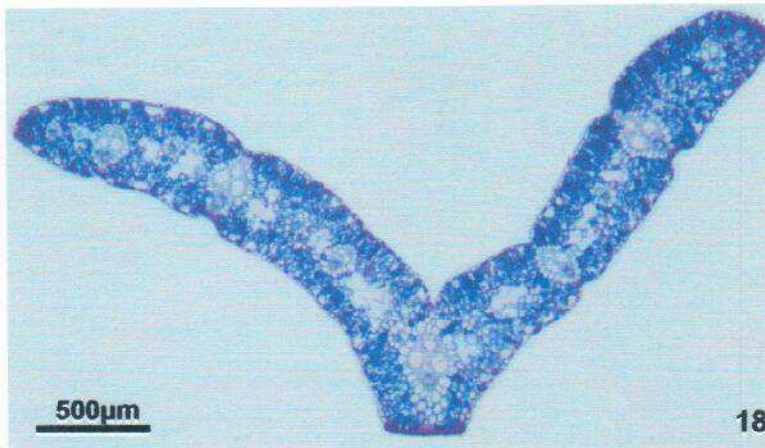
Figuras 1 – 6b. *Cephalostemon angustatus* - Raiz: secções transversais (Fig. 1-4 e 6b) e longitudinais (Fig. 5–6a). Fig.1. Vista geral. Nota-se a saída de uma raiz lateral (seta); Fig.2. Detalhe da periferia da raiz. Nota-se a presença de hifas nas células epidérmicas (seta) e a exoderme (Ex), com espessamento de parede em U invertido; Fig. 3. Vista geral, evidenciando a região cortical: exoderme(Ex), córtex mediano (CM) e córtex interno(CI); Fig. 4. Detalhe do cilindro vascular (CV) e parte do córtex interno (CI); Fig. 5. Corte à mão livre. Observa-se as células pequenas tabulares interconectadas; Fig. 6a. Detalhe do córtex mediano (CM) e parte do córtex interno (CI); Fig. 6b. Corte transversal à mão livre da raiz madura. Células do aerênquima intactas. CT = células taníferas; En = endoderme; Ep = epiderme; Fl = floema; Mx = metaxilema; Pe = periciclo; Px = protoxilema; Estrela = trechos da epiderme destruídos.



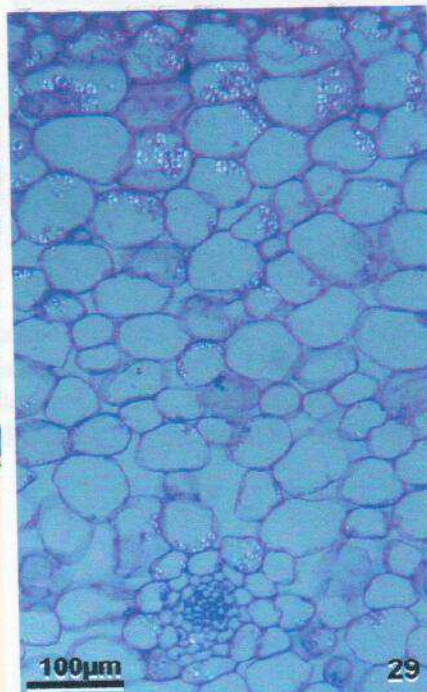
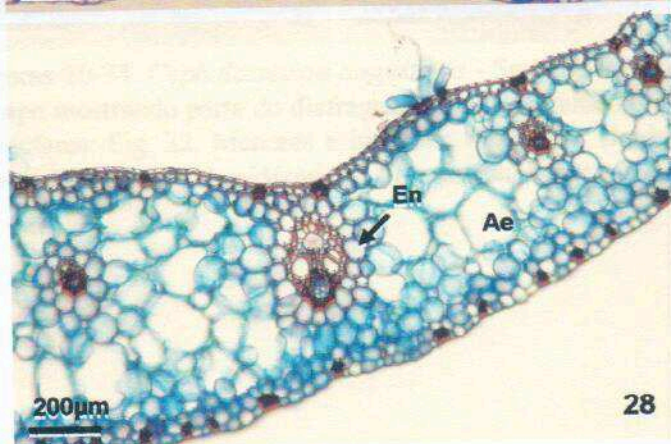
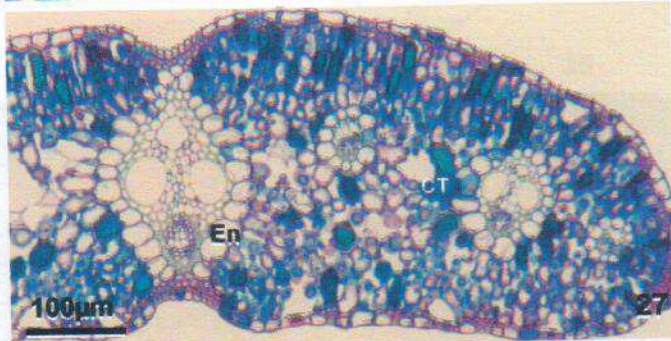
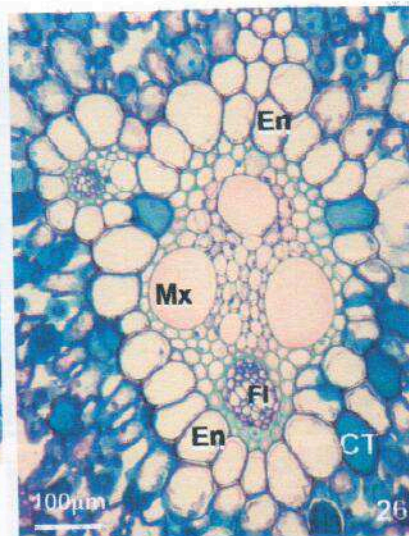
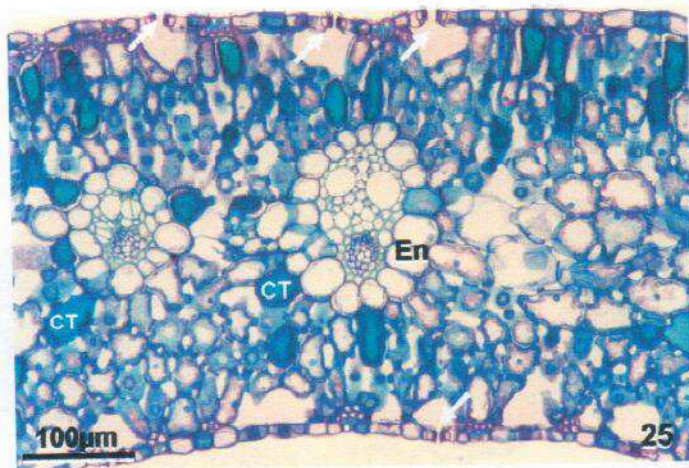
Figuras 7 – 11. *Cephalostemon angustatus* - Secções transversais do rizoma. Fig. 7. Aspecto geral do meristema caulinar apical; Fig.8. Detalhe da epiderme evidenciando os tricomas secretores de mucilagem; Fig. 9. Corpos silicosos (CS) no interior das células epidérmicas; Fig. 10. Vista parcial do rizoma com córtex atravessado por traços foliares (TF) e parte do cilindro vascular (CV); Fig. 11. Vista geral de parte do cilindro vascular. BF = bainha foliar; Mu = mucilagem; PF = primórdio foliar.



Figuras 12-17. *Cephalostemon angustatus* - Rizoma: seções transversais (Fig. 12-15 e 17) e longitudinais (Fig. 16). Fig. 12. Detalhe de uma porção do cilindro vascular; Fig. 13. Feixes vasculares anfigasal (FA) e colateral (FC); Fig. 14. Feixe vascular colateral (FC); Fig. 15. Detalhe dos elementos de vaso do xilema com espessamento de parede escalariformes; Fig. 16. Saída de um primórdio de raiz adventícia (PRA); Fig. 17. Saída de uma raiz adventícia. Note a continuidade da endoderme (En) do caule e da raiz. En = endoderme; FI = floema; Pe = periciclo.



Figuras 18-24. *Cephalostemon angustatus* - Folha: secções transversais (Fig. 18, 19, 22-24). Fig.18. Vista geral da folha; Fig.19. Detalhe da epiderme, nota-se a câmara subestomática (CSE) e os grupos de fibras (FS) sob as células contendo os corpos silicosos (CS); Fig.20. Vista frontal da epiderme com os estômatos dispostos entre as fileiras de células que contêm corpos silicosos (CS); Fig.21 Detalhe, em vista frontal, do estômato e das células contendo os corpos silicosos (CS); Fig.22. Detalhe da epiderme foliar sobre a nervura central; Fig.23. Detalhe da epiderme da bainha foliar; Fig.24. Detalhe do tricoma secretor de mucilagem.



Figuras 25-29. *Cephalostemon angustatus* - Secções transversais da folha. Fig.25. Vista geral de porção do mesófilo; Fig.26. Detalhe do feixe vascular mediano; Fig.27. Região marginal da folha; Fig.28. Trecho da bainha foliar; Fig.29. Bainha foliar jovem mostrando grãos de amido nas células parenquimáticas (Microscopia de interferência). Ae = aerênquima; CT = células taníferas; En = endoderme; Fl = floema; Mx = metaxilema; Setas = estômatos.

INFORMAÇÕES AOS AUTORES

A Bioscience Journal é uma revista científica ligada à Universidade Federal de Uberlândia, editada quadrimestralmente em português ou inglês, destinado à divulgação de trabalhos ligados a área de Biociências que se enquadrem no regulamento dos mesmos. Os trabalhos aprovados para publicação tornar-se-ão propriedade da Revista e os não aprovados serão devolvidos aos autores. São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos, cabendo, ao Conselho Editorial, orientação para possíveis mudanças.

A Revista Bioscience Journal é indexada nos sistemas de base: AGRIS (Agrindex), AGROBASE e AGRICOLA(Agricultural Abstracts), CAB ABSTRACTS, LILACS(BBO), PERIODICA.

Normas para publicação

- A redação deve primar por clareza, brevidade e ser conciso;
- Os trabalhos devem ser apresentados em uma via no original e duas cópias (inclusive os anexos, fotos e gravuras);
- Os trabalhos devem ser apresentados digitados em uma só face em formato A4(21,0x29,7cm), fonte Times New Roman, tamanho 12, em espaço duplo e com margem de, no mínimo, 2 cm. O texto será escrito cordialmente, sem intercalação de tabelas e figuras, que serão apresentadas separadamente em quantidade mínima necessária para a compreensão do texto. O material deverá ser encaminhado em disquete 3"1/2 de alta densidade no programa Microsoft Word for Windows®. Todo material ilustrativo deverá ser apresentado de tal forma que seja possível sua reprodução fotográfica sem retoques. Nas fotos coloridas, o autor deverá arcar com as despesas de fotolito. Todo material ilustrativo deverá ser marcado no verso com o título do trabalho e legenda que deverá ser publicada.
- No corpo do trabalho não deverá constar o nome dos autores, que deverá ser encaminhado em folha separada, com dados pessoais (títulos, endereço para correspondência, e-mail e Instituição a que está ligado), como medida de sigilo;
- O autor principal deverá enviar juntamente com o trabalho, um ofício assinado por todos os autores, solicitando a sua publicação exclusivamente nesta revista;
- O artigo será encaminhado a três (03) revisores da área, sem a identificação dos autores e, será considerado aprovado com pareceres favoráveis, em maioria.

Tipos de publicação - Os trabalhos divulgados poderão ser:

- 1. Artigos originais** - Artigos que apresentarem contribuição inteiramente nova ao conhecimento e permitam que outros investigadores, baseados no texto escrito, possam julgar as conclusões, verificar a exatidão das análises e deduções do autor e repetir a investigação se assim o desejarem. Incluem-se aqui os resumos e teses. Devem conter: Título em português e Inglês, Resumo (até 150 palavras), Unitermos, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusão, Agradecimentos, Abstract, Uniterms, Referências Bibliográficas. Os trabalhos não devem exceder a 20 laudas, incluídos os anexos.
- 2. Artigos de Revisão** - As revisões devem abordar temas de interesse, atualizados. Devem conter: Título em português e Inglês, Resumo, Unitermos, Texto, Conclusão, Agradecimentos (caso necessário), Abstract, Uniterms, Referências Bibliográficas. Os trabalhos não devem exceder a 30 laudas, incluídos os anexos e as Referências Bibliográficas.
- 3. Relato de caso(s)** - Artigos predominantemente clínicos, desde alta relevância e atualidade, relatos de achados na área clínica e básica. Dever conter: Título em português e inglês, Resumo, Unitermos, Introdução, Relato do caso, Discussão, Conclusão, Agradecimentos (caso necessário), Abstract, Uniterms, Referências Bibliográficas. Os trabalhos não devem exceder 10 laudas, incluindo os anexos.
- 4. Comunicação** - Artigo não original, demonstrando a experiência de um grupo ou de um serviço, abrangendo preferencialmente ensino, pesquisa, políticas de saúde e exercício profissional. Deve conter: Título em português e

Artigos de periódicos

COHEN, B. I.; CONDOS, S.; DEUTSCH, A. S.; MUSIKANT, B. L. La fuerza de fractura de tres tipos de materiales para el muñon en combinacion com tres espigas endodontiacales distintas. **R. Cent. C. Biomed. Univ. Fed. Uberlândia**, Uberlândia, v.13, n. 1, p. 69-76, dez. 1997.

A reprodução total ou parcial dos trabalhos da Revista é permitida desde que seja citada fonte.

Os autores e co-autores receberão um exemplar da revista.

Os autores que desejarem receber mais cópias devem comunicar com a Comissão editorial antes de assumir o custo para cópias adicionais.

Informações mais detalhadas sobre a apresentação de trabalhos para serem publicados poderão ser obtidas junto à Comissão Editorial.

Universidade Federal de Uberlândia

Bioscience Journal

Editor - André Luiz Quagliatto Santos, Prof. Dr.

Av. Para, 1720

38400-902 Uberlândia - MG

Brasil - fone- (34) 3218-2546

www.biosciencejournal.ufu.br e-mail - biosciencej@ufu.br

Capítulo 2

**DESENVOLVIMENTO DO AERÊNQUIMA DA RAIZ E DA BAINHA FOLIAR DE *CEPHALOSTEMON*
ANGUSTATUS MALME (RAPATEACEAE)**

Trabalho a ser submetido a Acta Botanica Brasílica

DESENVOLVIMENTO DO AERÊNQUIMA DA RAIZ E DA BAINHA FOLIAR DE *CEPHALOSTEMON*
ANGUSTATUS MALME (RAPATEACEAE)

Ana Cristina Honória de Oliveira¹

Neuza Maria de Castro²

RESUMO - (Desenvolvimento do aerênquima da raiz e da bainha foliar de *Cephalostemon angustatus* Malme (Rapateaceae)). Aerênquima é todo tecido permeado por grandes espaços de ar e sua formação é considerada uma adaptação a hipoxia, para as espécies que vivem em ambientes alagados. O aerênquima pode ter origem lisígena, esquizógena ou por "expansão diferencial". Na raiz de *Cephalostemon angustatus*, o meristema apical é do tipo fechado e a epiderme tem origem a partir da mesma fileira de células que forma o meristema fundamental. Inicialmente, o córtex é produzido por divisões periclinais das células da proendoderme. Divisões anticlinais das células da camada externa do meristema fundamental formam a prohipoderme, e a região central do meristema fundamental diferencia-se em proaerênquima. Na raiz madura, o aerênquima é formado de células maiores, arredondadas, e menores tabulares. Essas últimas, formam uma rede horizontal de células menores entre as células maiores. Os espaços do aerênquima são produzidos pela expansão das paredes celulares ao redor dos espaços intercelulares "em diamante", inicialmente, formados no meristema fundamental. Esse tipo de origem do aerênquima é denominado de "expansão diferencial". Na bainha foliar, a formação do aerênquima é esquizo-lisígena.

Palavras-chave - Aerênquima, bainha foliar, expansão diferencial, raiz

ABSTRACT - (Development aerenchyma of the root and sheath leaf in *Cephalostemon angustatus* Malme (Rapateaceae)). Aerenchyma is any plant tissue that is permeated by gas filled spaces and their formation is considered an anatomical adaptation to hipoxia for wetland species. The formation of aerenchyma is thought to occur by either lysigeny, schizogeny or "differential expansion". The root apical meristem is closed and the epidermis and cortex arise from a single tier of initials. Initially, the cortex is produced by periclinal divisions of the proendodermis. Anticlinal divisions of the outer layer in the ground-meristem produces the prohipodermis and one set of divisions in the ground-meristem produces the larges and small cells of the proaerenchyma. In mature root the aerenchyma is formed by large barrel-shaped cells, and small tabular cells. The small tabular cells present intrusive growth forming an extensive network of interconnected cells

¹ Acadêmica do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Uberlândia. Bolsista CNPq

² Professora do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia. nmcastro@ufu.br

among the large cells. The aerenchyma spaces are produced by cell wall expansion around diamond-shaped intercellular spaces initially formed in ground-meristem. This aerenchyma development which is neither schizogenous nor lysigenous, is denominated "differential expansion". In the leaf sheath, the aerenchyma development is schizo-lysigenous.

Key words - Aerenchyma, differential expansion, root, sheath leaf

Introdução

Aerênquima é todo tecido vegetal permeado por grandes espaços de ar (Armstrong *et al.* 1994 *apud* Longstreth & Borkhsenius 2000) e a formação deste tipo de tecido é considerada uma adaptação anatômica à hipoxia (Esau 1977; Seago Jr. *et al.* 1999; Schussler & Longstreth 2000; Seago Jr. *et al.* 2000). Assim, nas plantas que vivem em ambientes alagados, o estresse causado pela baixa concentração de oxigênio é minimizado com o desenvolvimento do aerênquima (Schussler & Longstreth 2000). Segundo estes autores, os espaços do aerênquima formam um caminho interno para o transporte de oxigênio, desde a parte aérea da planta até a raiz, permitindo a oxigenação dos órgãos submersos e ajudando na respiração e na oxidação de compostos tóxicos (Schussler & Longstreth 1996). No entanto, para a maioria das plantas que apresentam aerênquima, a sua descrição tem sido feita a partir do tecido maduro e pouco se conhece sobre a sua ontogênese.

A formação dos espaços do aerênquima pode ocorrer por esquizogenia ou lisigenia (Smirnoff & Crawford 1983). Os espaços esquizógenos são formados pela separação das células durante o desenvolvimento do tecido (Esau 1977, Smirnoff & Crawford 1983). Os espaços lisígenos formam-se pela lise (morte) de algumas células do tecido, e são facilmente identificados, no tecido maduro, pela presença de restos de paredes celulares nos espaços formados e, segundo Schussler & Longstreth (2000), a lise dessas células pode resultar de morte celular programada (MCP).

Na maioria das espécies, o reconhecimento do aerênquima como sendo de origem lisígena ou esquizógena, geralmente, tem se baseado apenas na observação do tecido maduro, e não na análise dos diferentes estágios da sua formação (Schussler & Longstreth 1996).

Recentemente, Seago, Jr. *et al.* (2000) descreveram um novo tipo de formação do aerênquima para as raízes de *Pontederia cordata*, que denominaram de "expansão diferencial", onde a formação das lacunas do tecido maduro acontece devido a um ligeiro crescimento dos espaços esquizógenos formados no meristema fundamental da raiz, e por um estiramento específico das paredes celulares ao redor desses espaços.

Cephalostemon angustatus Malme é uma Rapateaceae facilmente encontrada crescendo nos terrenos brejosos de veredas (Carlquist 1966; Oliveira & Castro 2002; Araújo *et al.* 2002). A

espécie desenvolve aerênquima tanto na raiz (Carlquist 1966; Oliveira & Castro 2002) como na bainha foliar (Oliveira & Castro 2002), possivelmente, para promover uma maior aeração interna, uma vez que a espécie cresce em solos encharcados, onde a concentração de oxigênio é baixa (Schussler & Longstreth 2000; Oliveira & Castro 2002).

Analisando apenas a raiz madura, Carlquist (1966) cita que o aerênquima da raiz é formado por células parenquimáticas braciiformes e células esferoidais maiores, colapsadas. Oliveira & Castro (2002) mencionam que o aerênquima da bainha foliar resulta da lise de algumas células, visto que, foram observados restos de paredes celulares nos espaços do tecido maduro.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a ontogênese do aerênquima da raiz e da bainha foliar de *Cephalostemon angustatus* Malme, para melhor entender a sua formação e correlacionar essa característica anatômica às condições do ambiente onde a espécie cresce.

Material e Métodos

Os indivíduos de *C. angustatus* foram coletados nas veredas da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, Minas Gerais, no período de Julho/2001 e Novembro/2002 e as amostras da população estudada, se encontram registrados no Herbarium Uberlandense, da Universidade Federal de Uberlândia, sob número 28142.

As amostras de raiz e de folha foram fixadas, por 24-48 horas, em FAA 50 (formaldeído 37%, ácido acético glacial e etanol 50%, 1:1:18 v/v), segundo Johansen (1940), e/ou FAA + glutaraldeído (Lersten & Curtis 1988) e, a seguir, conservadas em etanol 50%.

Foram feitos cortes à mão livre do material fixado em FAA 50. O material fixado em FAA + glutaraldeído (Lersten & Curtis 1988) foi desidratado em série etanólica (Kraus & Arduin 1997) e incluído em historresina (Leica), de acordo com as instruções do fabricante. Após a inclusão, seguiu-se o emblocamento e a secção do material, com o uso do micrótomo rotativo Reichert-Jung - Histocut. Os cortes ($\pm 5 \mu\text{m}$) foram distendidos sobre lâminas histológicas, com água mais algumas gotas de detergente neutro. Em seguida, as lâminas foram colocadas para secar sobre placa aquecida e, posteriormente, levadas à estufa a $37^\circ - 40^\circ \text{C}$ por uma noite.

Os cortes a mão livre foram clarificados (Kraus & Arduin 1997) e corados com azul de astra e fucsina básica (Brito & Alquini 1996). Os cortes do material incluído em historresina foram corados com azul de astra e fucsina básica, segundo Brito & Alquini (1996), ou azul de toluidina 0,05% em tampão acético 0,1M (Pearse 1961).

As lâminas foram analisadas sob o microscópio óptico (Zeiss-Axioscop e AxioPLAN) de luz e/ou de luz polarizada ou de interferência de fase (DIC) e as fotomicrografias feitas com filme colorido (Kodak Gold ou similar).

Resultados e Discussão

Desenvolvimento do acrênquima na raiz

O meristema apical da raiz de *C. angustatus* é do tipo fechado (Fig. 1 e 2). Nesse tipo de meristema, cada região da raiz (coifa, córtex e cilindro vascular) tem origem em camadas de células independentes no meristema apical, com a epiderme apresentando origem comum com a coifa ou com o córtex (Raven *et al.* 2001). Em *C. angustatus* a protoderme (Prd) tem origem a partir da mesma fileira de células que forma o meristema fundamental (MF) (Fig. 1). O meristema apical da raiz do tipo fechado, observado nesta espécie, é típico para muitas monocotiledôneas (Seago Jr. *et al.* 2000).

A coifa é gerada a partir do caliptrogênio, observado na região meristemática subapical das raízes adventícias (Fig. 1 e 2 - estrela).

Na figura 2, nota-se que a proendoderme (Pre) ou endoderme meristemática (setas largas) se divide periclinalmente, várias vezes, para dar origem às fileiras de células radiais, que compõem o meristema fundamental (MF), de modo semelhante ao mencionado por Bona (1999), para as espécies de *Bacopa*, e Mello-de-Pinna & Menezes (2003), para as raízes das espécies de *Richterago*.

Cortes transversais feitos pouco abaixo do ápice (Fig. 3) já evidenciam uma ligeira diferenciação entre as regiões da raiz, sendo possível distinguir o procâmbio (Prc) e o meristema fundamental (MF). A, aproximadamente, 0,5 mm do ápice (Fig. 4) se vê o procâmbio (Prc); o meristema fundamental (MF), formado por 12 - 14 camadas de células derivadas da proendoderme (Pre) e a protoderme (Prd) (Fig. 4). Nesta mesma figura (setas) nota-se, ainda, o início da formação esquizógena de pequenos espaços intercelulares "em diamante" entre as células do meristema fundamental (MF). Conforme mencionado por Schussler & Longstreth (1996), a formação desses espaços intercelulares esquizógenos no meristema fundamental (MF) é comum na ontogênese da raiz de diferentes espécies.

Na raiz de *C. angustatus*, inicialmente, todas as células do córtex são produzidas por divisões periclinais das células da proendoderme (Pre) ou endoderme meristemática, o que leva à formação de fileiras de células radiais (Fig. 4 e 5). Esse mesmo padrão de desenvolvimento cortical é mencionado para *Typha* e *Hydrocharis* (Seago, Jr. *et al.* 1999), *Pontederia cordata* (Seago Jr. *et al.* 2000) e *Richterago* (Mello-de-Pinna & Menezes 2003), entre outras. Segundo Menezes *et al.* (2003), a proendoderme (Pre) se divide periclinalmente, por várias vezes, até a formação das estrias de Caspary na camada mais interna, que indica o final dessas divisões.

A prohipoderme (Prh) é separada do restante do meristema fundamental (MF) por divisões celulares anticlinais (Fig. 4 - 5) na camada externa desse meristema, de tal modo que, a célula mais externa de cada fileira radial do meristema fundamental (MF) corresponde a mais de uma

célula da prohipoderme (Fig. 5). Algumas células da prohipoderme apresentam divisões periclinais, levando à formação de áreas bisseriadas (Fig. 5). Em *C. angustatus*, o início da formação da prohipoderme é semelhante ao descrito para *P. cordata* (Seago Jr. et al. 2000).

O proaerênquima (Pra) começa a ser delimitado a cerca de 0,5 mm do ápice da raiz, por divisões anticlinais das células nas 4-5 camadas externas do meristema fundamental (MF), logo abaixo da prohipoderme (Fig. 5 - 6) e as 7 - 10 camadas de células internas desse meristema correspondem ao córtex interno (Fig 4 - 5 e 7 CIMF).

Cortes longitudinais, feitos, aproximadamente, a 2 mm do ápice da raiz, mostram que o proaerênquima (Pra) começa a exibir uma alternância entre células tabulares pequenas e células grandes, em forma de barril (Fig. 7). Seago Jr. et al. (2000), relatam a formação desses dois tipos de células no proaerênquima da raiz de *P. cordata*. Os autores mencionam ainda, que, ocasionalmente, aparecem duas células tabulares lado a lado, indicando que pode ocorrer uma segunda divisão transversal nessas células menores. Apesar de não ilustrado, o mesmo foi observado no aerênquima de *C. angustatus*.

O crescimento longitudinal das células maiores leva a um aumento na distância entre as células tabulares menores, nos próximos 2 mm do ápice da raiz (compare as figuras 7 e 8). Neste estágio de desenvolvimento, as células tabulares menores começam a apresentar crescimento intrusivo de suas margens tangenciais externas e internas, onde se tocam umas nas outras e, assim, vão crescendo por entre as células maiores, formando uma rede interconectada de células menores (Fig. 8 - 10 - cabeça de seta). Esse mesmo padrão de crescimento, para as células maiores e menores, foi descrito por Seago Jr. et al. (2000) para a raiz de *P. cordata*. Esses autores mencionam, ainda, que a expansão dos espaços esquizógenos "em diamante", inicialmente formados no meristema fundamental, parece ocorrer por um estiramento específico das paredes celulares que circundam esses espaços. Seago Jr. et al. (2000) denominaram este tipo de formação do aerênquima, onde não há esquizogenia nem lisigenia, de expansão diferencial.

No córtex interno (CI), as células apresentam um considerável crescimento longitudinal (compare Fig. 7 - CIMF e 8). Na figura 7 (seta), nota-se um pequeno aumento no tamanho dos espaços intercelulares "em diamante" e na figura 8 o início da formação das protuberâncias nas paredes celulares, como o também mencionado por Seago Jr. et al. (2000) para *P. cordata*.

Cortes longitudinais (Fig. 12) e transversais (Fig. 13), feitos a 5 cm do ápice, mostram que, nesta altura, o periciclo (Pe) em frente aos pólos de protoxilema (Px) começa a se dividir para dar origem aos primórdios de raízes laterais (Fig. 12). Chama-se a atenção para o primórdio de raiz visto na figura 13, com os meristemas e a coifa parcialmente diferenciados, atravessando o córtex. Nota-se, ainda, que não há ruptura das células do córtex interno durante a emergência do primórdio. As células corticais vão sendo deformadas, esmagadas e empurradas. Provavelmente

essa células vão sendo degradadas por atividade enzimática, como o mencionado por Bell & McCully (1970) *apud* Esau (1977) para *Zea mays*.

Cortes transversais (Fig. 11) e longitudinais (Fig. 10) feitos à mão livre na raiz madura, revelam a organização da região mediana do córtex, onde observa-se que, tanto as células maiores, em forma de barril, como as menores, tabulares, permanecem intactas. Praticamente, não ocorre um aumento dos espaços intercelulares além daquele inicialmente formado no meristema fundamental (Fig. 4 - 5). Não acontece, também, a lise das células maiores em forma de barril, como mencionado por Carlquist (1966) para as espécies de Rapateaceae. Na figura 11, as setas indicam esses espaços intercelulares apenas um pouco maiores que aqueles vistos nas figuras 4 e 5. Os chamados "grandes espaços do aerênquima", vistos por Carlquist (1966) nas raízes das espécies de Rapateaceae, são, na verdade, resultado do rompimento das células maiores, durante a secção do material.

Desenvolvimento do aerênquima na bainha foliar

O caule e as folhas são estruturas contínuas e o ápice do rizoma é protegido pelos primórdios foliares (PF) e pelas bainhas das folhas maduras (BF) (Fig. 14). No primórdio foliar visto na figura 15, as células do mesofilo ainda apresentam o citoplasma denso e praticamente não existem espaços intercelulares. Num estágio de desenvolvimento mais avançado (Fig. 16-estrelas), percebe-se um afastamento das células do mesofilo da bainha foliar, indicando que o início da formação dos espaços do aerênquima acontece por esquizogenia.

A seguir, percebe-se que, além da esquizogenia constatada inicialmente (Fig. 16), acontece a lise de algumas células do mesofilo, restando apenas as paredes nos espaços formados (Fig. 17 e 18 - setas). A formação de espaços esquizógenos é comum na ontogênese do parênquima das plantas que crescem em ambientes aquáticos ou extremamente úmidos, e os espaços intercelulares assim formados podem, segundo Esau (1977), ser notavelmente amplos.

A formação do aerênquima da bainha de *C. angustatus*, inicialmente por separação das células (esquizogenia), é seguida do rompimento de algumas células (lisigenia), semelhante ao descrito por Schussler & Longstreth (1996) para os pecíolos de *Sagittaria lancifolia*.

Segundo Schussler & Longstreth (2000), a lise celular é causada por morte celular programada (MCP), caracterizada, inicialmente, por mudanças na organização do núcleo das células, seguida de várias outras alterações celulares. No entanto, apenas estudos com o uso de microscopia eletrônica de transmissão poderiam confirmar se estaria ou não acontecendo MCP na formação do aerênquima da bainha foliar de *C. angustatus*. Evidências experimentais têm demonstrado que a formação dos espaços lisígenos no aerênquima pode ser mediada pelo etileno (He *et al.*, 1996 *apud* Longstreth & Borkhsenius 2000; Vartapetian & Jackson 1997 *apud* Longstreth & Borkhsenius 2000; Raven *et al.* 2001). O papel do etileno e a clássica descrição de

lise celular, têm levado à hipótese de que a formação desses espaços no aerênquima resulta de um tipo de MCP, semelhante à observada em sistemas animais (He *et al.* 1996; Schussler & Longstreth 1996; Drew *et al.* 1997 *apud* Longstreth & Borkhsenious 2000), com mudanças na aparência dos vacúolos. Em alguns casos, as mudanças observadas no núcleo também são semelhantes à descrição da MCP observadas em células animais (Campbell & Drew 1983 *apud* Longstreth & Borkhsenious 2000; Webb & Jackson 1986 *apud* Longstreth & Borkhsenious 2000; Schussler & Longstreth 2000).

Conclusão

O aerênquima da raiz tem origem por "expansão diferencial" e o aerênquima da bainha foliar se origina por esquizo-lisigenia. A presença de aerênquima na raiz e na bainha foliar, como o observado em *C. angustatus*, é uma característica comum as espécies que vivem em ambientes úmidos e as espécies aquáticas e constituem uma adaptação as baixas concentrações de oxigênio observada nestes ambientes.

Agradecimentos

Ao CNPq (Processo nº 150/2001 e B-021/2002) e a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, G. M., BARBOSA, A. A. A., ARANTES, A. A.; AMARAL, A. F. 2002. Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica** 25(4): 475-493.
- BONA, C. 1999. **Adaptações morfo-anatômicas dos órgãos vegetativos de *Bacopa salzmanii* (Benth.) Wettst. Es Edwall e *Bacopa monnierioides* (Cham.) Robinson (Scrophulariaceae) em ambiente terrestre e aquático.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 121p.
- BRITO, J. F. A. & ALQUINI, Y. 1996. A new method for staining botanical material embedded in glycol methacrylate (GMA). **Arquivos de Biologia e Tecnologia** 39(4): 949-951.
- CARLQUIST, S. 1966. Anatomy of Rapateaceae - Roots and Stems. **Phytomorphology** 16(1): 17-38.

COAN, A. I., SCATENA, V. L.; GIULIETTI, A. M. 2002. Anatomia de algumas espécies aquáticas de Eriocaulaceae brasileiras. *Acta Botanica Brasilica* 16(4): 371-384.

ESAU, K. *Anatomy of seed plants*. 2. ed. Santa Barbara, California, 1977. 550p.

JOHANSEN, D. A. *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill Book Company Incorporation, 1940. 523p.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. *Manual básico de métodos em morfologia vegetal*. Km 47 Antiga Rodovia Rio - São Paulo: Editora Universidade Rural (EDUR), 1997. 198p.

LERSTEN, N. R. & CURTIS, J. L. 1988. Secretory reservoirs (ducts) of two kinds in giant ragweed (*Ambrosia trifida*, Asteraceae). *American Journal of Botany* 75(9): 1313-1323.

LONGSTRETH, D. J. & BORKHESENIUS, O. N. 2000. Root cell ultrastructure in developing aerenchyma tissue of three wetland species. *Annals of Botany* 86: 641-646.

MELLO-DE-PINNA, G. F. A. & MENEZES, N. L. 2003. Meristematic endodermis and secretory structures in adventitious roots of *Richtera* Kuntze (Mutisieae-Asteraceae). *Revista Brasileira de Botânica* 26(1): 1-10.

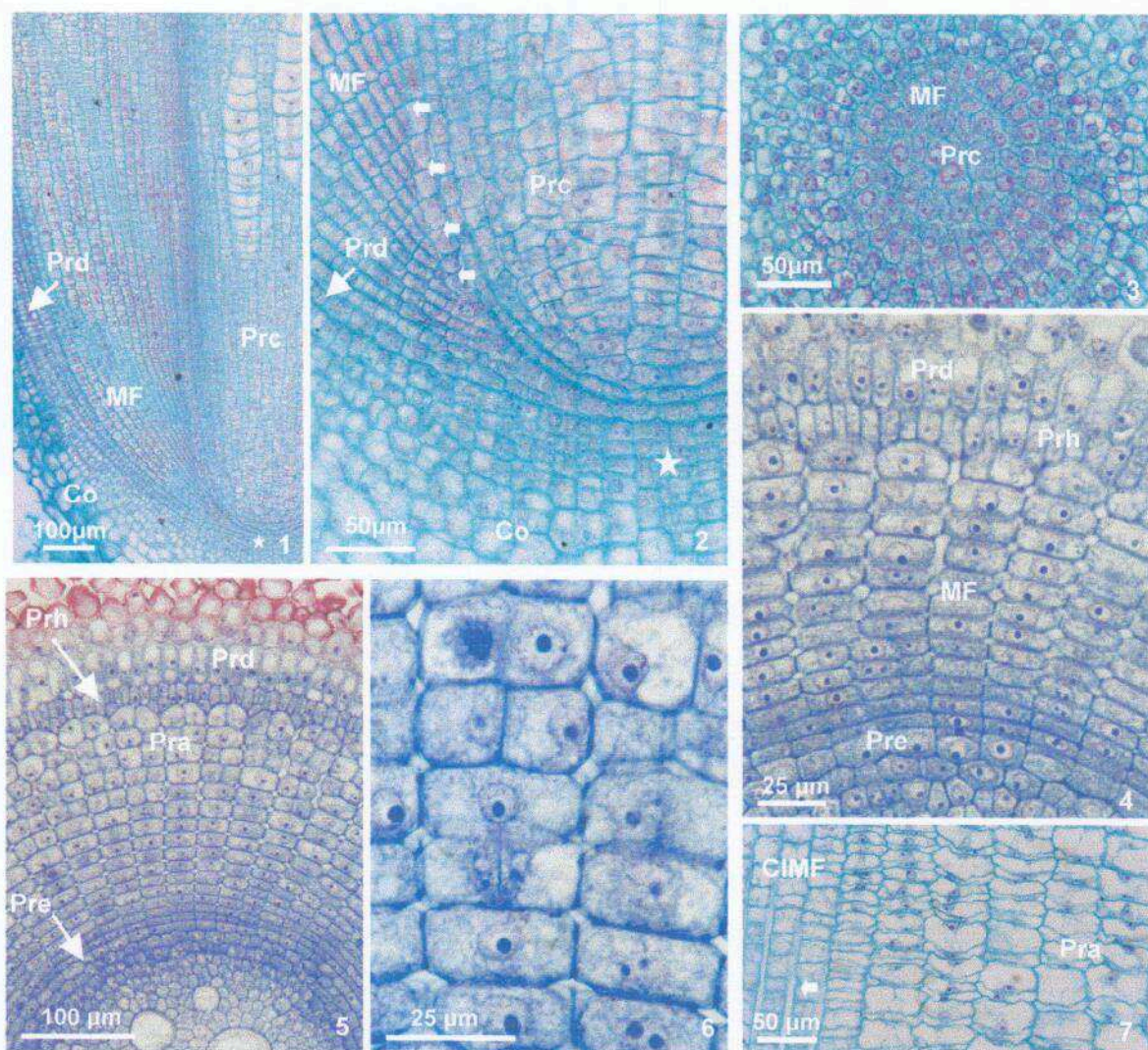
MENEZES, N. L., SILVA, D. C., ARRUDA, R. C. O., CARDOSO, V. A., MELLO-DE-PINNA, G. F., YOSHITAKE, A. M. A. F., CASTRO, N. M., SCATENA, V. L., SCREMIN-DIAS, E.; CATTAL, M. B. Uma nova interpretação para o espessamento primário em monocotiledôneas: periciclo e endoderme meristemática. Pp. 141-142. In: *Anais do 54º Congresso Nacional de Botânica e 3ª Reunião Aamazônica*. Belém 2003.

OLIVEIRA, A. C. H. & CASTRO, N. M. Estudo anatômico da raiz, folha e escapo de *Cephalostemon angustatus* Malme (Rapateaceae) das veredas do triângulo mineiro. Pp. 152-153. In: *Anais do 53º Congresso Nacional de Botânica e 25ª Reunião Nordestina de Botânica*. Recife 2002.

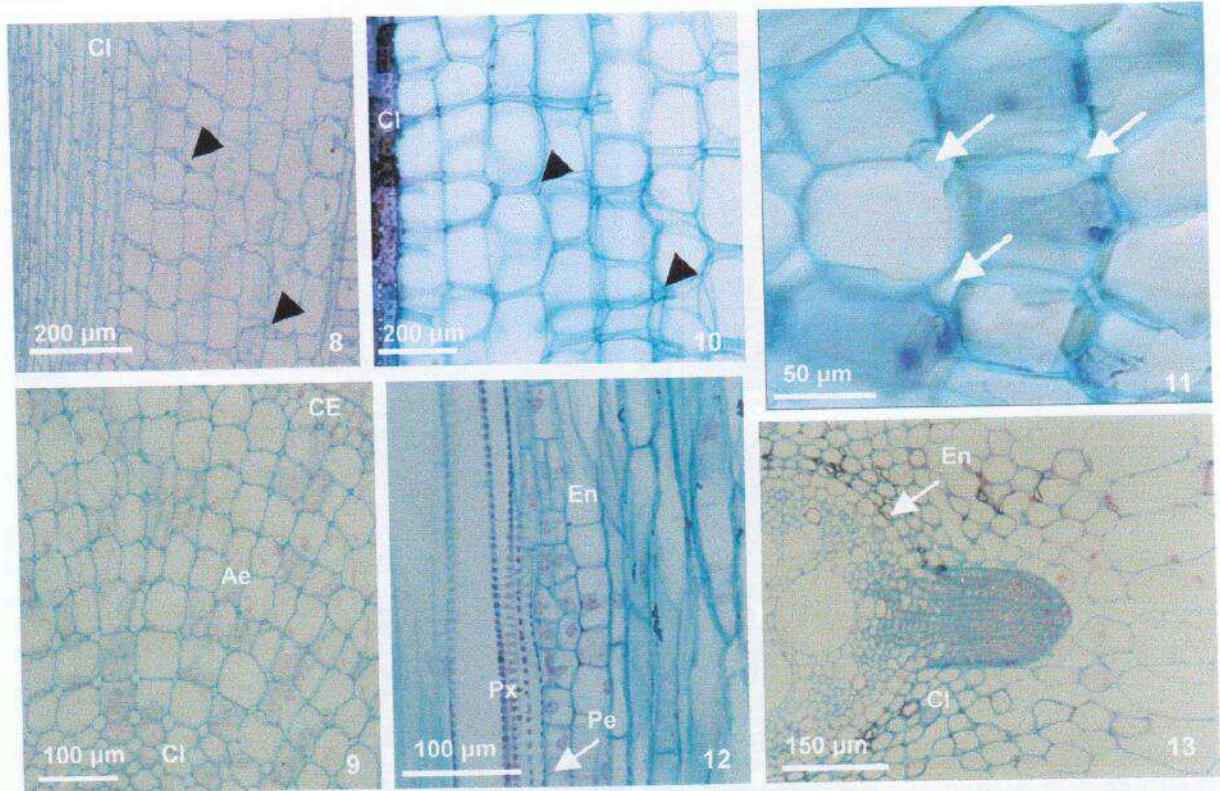
PEARSE, A. G. E. *Histochemistry: theoretical and applied*. 2nd. Ed. London. 1961.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F. & EICHHORN, S. *Biologia vegetal*. Rio de Janeiro - RJ. Guanabara Koogan, 2001, 906p.

- SEAGO Jr, J. L., PETERSON, C. A. & ENSTONE, D. E. 1999. Cortical ontogeny in roots of the aquatic plant, *Hydrocharis morsus-ranae* L. **Canadian Journal of Botany** 77: 113 - 121.
- SEAGO Jr, J. L., PETERSON, C. A. & ENSTONE, D. E. 2000. Cortical development in roots of the *Pontederia cordata* (Pontederiaceae). **American Journal of Botany** 87(8): 116 - 1127.
- SCHUSSLER, E. E. & LONGSTRETH, D. J. 1996. Aerenchyma develops by cell lysis in roots and cell separation leaf petioles in *Sagittaria lancifolia* (Alismataceae). **American Journal of Botany** 83(10): 1266-1273.
- SCHUSSLER, E. E. & LONGSTRETH, D. J. 2000. Changes in cell structure during the formation of root aerenchyma in *Sagittaria lancifolia* (Alismataceae). **American Journal of Botany** 87(1): 12-19.
- SMIRNOFF, N. & CRAWFORD, R. M. M. 1983. Variation in the structure and response to flooding of root aerenchyma in some wetland plants. **Annals of Botany** 51: 237-249.



Figuras 1-7. *Cephalostemon angustatus* – Raiz. Fig. 1. Corte longitudinal mediano do ápice da raiz; Fig. 2. Detalhe da figura anterior, mostrando a endoderme meristemática (setas); Fig. 3. Corte transversal do ápice da raiz; Fig. 4. Corte transversal a $\pm 0,3$ mm do ápice. Divisões periclinais das células da proendoderme (Pre) formam fileiras radiais de células do meristema fundamental (MF); Fig. 5. Corte transversal a $\pm 0,5$ mm do ápice. Início da formação do proaerênquima (Pra); Fig. 6. Detalhe das células do proaerênquima em divisão; Fig. 7. Corte longitudinal (± 2 mm do ápice) evidenciando as células grandes e as células tabulares menores do proaerênquima (Pra). Chama-se a atenção para os espaços (seta) entre as células das camadas internas do meristema fundamental (CIMF). CIMF = camada interna do meristema fundamental; Co = coifa; MF = meristema fundamental; Pra = proaerênquima; Prc = procâmbio; Prd = protoderme; Pre = proendoderme; Prh = prohipoderme.



Figuras 8-13. *Cephalostemon angustatus* – Raiz. Fig. 8. Corte longitudinal a $\pm 1,3$ mm do ápice; Fig. 9. Corte transversal a ± 3 mm do ápice. Chama-se a atenção para os espaços intercelulares "em diamante" do córtex interno (CI) e para as células grandes do aerênquima (Ae); Fig. 10. Corte longitudinal (mão livre) da raiz madura. Nota-se a rede formada pelas células tabulares; Fig. 11. Corte transversal (mão livre) da raiz madura. As células do aerênquima estão intactas e os espaços "em diamante" (setas) são pouco maiores que os observados nas figuras 4, 5 e 6; Fig. 12. Corte longitudinal a 5cm do ápice. Início do desenvolvimento de um primórdio de raiz lateral; Fig. 13. Corte transversal ($\pm 5,5$ cm do ápice). Primórdio de raiz lateral atravessando o córtex interno (CI). Ae = aerênquima; CE = córtex externo; CI = córtex interno; En = endoderme; Pe = periciclo; Px = protoxilema.



Figuras 14 - 18. Fig. 14. Aspecto geral do meristema apical do caule e a formação do primórdio da raiz (PR); Fig. 15. Detalhe de um primórdio foliar; Fig. 16. Aspecto geral da haste jovem. Nota-se a presença de espaços intercelulares espalizógenos (estrelas); Fig. 17. Aspecto geral da haste jovem (corte longitudinal). Observa-se que algumas células sofreram lise, mostrando sinais de pectose celular (setas); Fig. 18. Detalhe do córtex interno esquizo-ligêncio da haste. PR = primórdio da raiz; SP = primórdio foliar; XI = xilema.

1. A Acta Botanica Brasílica (Acta bot. bras.) publica em Português, Espanhol e Inglês, artigos originais, comunicações curtas e resumos de dissertações e teses em Botânica.

2. Os artigos devem ser concisos, em 4 vias, com até 30 laudas, seqüencialmente numeradas, incluindo ilustrações e tabelas (usar letra Times New Roman, tamanho 12, espaço entre linhas 1,5; imprimir em papel tamanho carta, com todas as margens ajustadas em 1,5cm). A critério da Comissão Editorial, mediante entendimentos prévios, artigos mais longos poderão ser aceitos, sendo que o excedente será custeado pelo(s) autor(es).

3. Palavras em latim no título ou no texto, como por exemplo: *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.*, devem estar em itálico.

4. O título deve ser escrito em caixa alta e centralizado.

5. Os nomes dos autores devem ser escritos em caixa alta e baixa, alinhados à direita, com números sobrescritos que indicarão, em rodapé, a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios, etc.).

6. A estrutura do trabalho deve, sempre que possível, obedecer à seguinte seqüência:

- **RESUMO** e **ABSTRACT** (em caixa alta e negrito) - texto corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo e com ca. de 200 palavras. Deve ser precedido pelo título do artigo em Português, entre parênteses. Ao final do resumo, citar até cinco palavras-chave. A mesma regra se aplica ao Abstract em Inglês ou Espanhol.

- **Introdução** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter uma visão clara e concisa de: a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado; b) problemas científicos que levaram o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho; c) objetivos.

- **Material e métodos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): deve conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas.

- **Resultados e discussão** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): podem ser acompanhados de tabelas e de figuras (gráficos, fotografias, desenhos, mapas e pranchas), estritamente necessárias à compreensão do texto. Dependendo da estrutura do trabalho, resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados.

As figuras devem ser todas numeradas seqüencialmente, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da figura. As tabelas devem ser seqüencialmente numeradas, em arábico com numeração independente das figuras.

Tanto as figuras como as tabelas devem ser apresentadas em folhas separadas ao final do texto (originais e 3 cópias). Para garantir a boa qualidade de impressão, as figuras não devem ultrapassar duas vezes a área útil da revista que é de 15 x 21cm.

As ilustrações devem ser apresentadas em tinta nanquim, sobre papel vegetal ou cartolina.

As fotografias devem estar em papel brilhante e em branco e preto. **Fotografias coloridas poderão ser aceitas a critério da Comissão Editorial e se o(s) autor(es) arcarem com os custos de impressão.**

As figuras e as tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa, de forma abreviada e sem plural (Fig. e Tab.). Todas as figuras e tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto.

As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Usar unidades de medida apenas de modo abreviado. Ex.: 11cm; 2,4µm.

Escrever por extenso os números de um a dez (não os maiores), a menos que seja medida ou venha em combinação com

outros números. Ex.: quatro árvores; 6,0mm; 1,0-4,0µm; 125 exsicatas.

Em trabalhos taxonômicos o material botânico examinado deve ser selecionado de maneira a citarem-se apenas aqueles representativos do táxon em questão e na seguinte ordem: **PAÍS. Estado:** Município, data, fenologia, *coletor(es) n. do(s) coletor(es)* (sigla do herbário).

Ex.: **BRASIL. São Paulo:** Santo André, 03/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.*

(atentar para o que deve ser grafado em CAIXA ALTA, Caixa Alta e Baixa, caixa baixa, **negrito**, *itálico*).

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

1. Plantas terrestres

2. Folhas orbiculares, mais de 10cm diâm 4. *S. orbicularis*

2. Folhas sagitadas, menos de 8cm compr. 6. *S. sagittalis*

1. Plantas aquáticas

3. Nervuras paralelas

4. Flores brancas 1. *S. albicans*

4. Flores roxas 5. *S. purpurea*

3. Nervuras furcadas

5. Frutos oblongos 2. *S. furcata*

5. Frutos esféricos 3. *S. nanuzae*

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

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

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

Cabralia zelevensis Anisio, Hoehnea 33(2): 65. 1995.

Fig. 1-12.

Subdivisões dentro de Material e métodos ou de Resultados devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de estudo - localiza-se ...

- Resultados e discussão deve incluir as conclusões.

- **Agradecimentos** (em caixa alta e baixa, negrito, deslocado para a esquerda): devem ser sucintos.

- **Referências bibliográficas**

- ao longo do texto: seguir esquema autor, data. Ex.:

Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva *et al.* (1997) ou Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) ou (Silva 1975; Santos 1996; Oliveira 1997).

- ao final do artigo: em caixa alta e baixa, deslocado para a esquerda; seguir ordem alfabética e cronológica de autor(es); nomes dos periódicos e títulos de livros devem ser grafados por extenso e em negrito. Exemplos:

Santos, J. 1995. Estudos anatômicos em Juncaceae. Pp. 5-22. In: *Anais do XXVIII Congresso Nacional de Botânica*.

Aracaju 1992. HUCITEC Ed. V. I. São Paulo.

Santos, J.; Silva, A. & Oliveira, B. 1995. Notas palinológicas. *Amaranthaceae*. *Hoehnea* 33(2): 38-45.

Silva, A. 1996. A família *Urticaceae* no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Paraná, Londrina.

Silva, A. 1997. O gênero *Pipoca* L. no Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 2(1): 25-43.

Silva, A. & Santos, J. 1997. Rubiaceae. Pp. 27-55. In: F. C. Hoehne (Ed.). *Flora Brasílica*. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo.

Não serão aceitas como referências bibliográficas Resumos de Congressos. Citações de Dissertações e Teses devem ser evitadas.

Para maiores detalhes consulte os últimos fascículos da revista ou o "link" na internet www.botanica.org.br.