

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
LABORATÓRIO DE ANATOMIA VEGETAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

ROBERTA ANDRESSA PEREIRA

Morfoanatomia de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae)

**Florianópolis, SC
2009**

ROBERTA ANDRESSA PEREIRA

Morfoanatomia de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Dra. Ana Claudia Rodrigues

**Florianópolis, SC
2009**

Roberta Andressa Pereira

Morfoanatomia de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae)

f. 74 , figs. 12

Orientadora: Dra. Ana Cláudia Rodrigues

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.

1. Cyperaceae; 2 *Androtrichum trigynum*.; 3. anatomia; 4. ontogênese; 5. morfologia.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e minha irmã, pelo amor infinito, pelo incentivo e por terem acreditado em mim e me dado a oportunidade de estar aqui. Amo muito vocês, muito!

À Ana Claudia Rodrigues, pela orientação, dedicação, confiança, paciência e preciosas discussões.

À professora Marisa Santos, por estar sempre perto e à disposição, e por ter comigo o mesmo carinho e atenção que tem com seus orientandos.

Ao professor Paulo Horta pelo auxílio em questões estatísticas e ecológicas e pela ajuda em campo.

À todos os professores que contribuíram para minha formação e por terem me mostrado o quão é maravilhoso o mundo da Biologia Vegetal.

À todos os funcionários do Departamento de Botânica, em especial à Vera Zapellini.

Ao PPGVE e a Capes pela bolsa de mestrado.

À todos os amigos do Laboratório de Anatomia, Eduardo (pelas previsões do tempo e pela ajuda em campo), Morgana (por ter sido a minha grande parceira no Lab) e Rafaella (“Sabe o que eu acho? Eu acho é pouco!”), sem esquecer os que por lá já passaram.

À todos amigos do curso pelas conversas de corredor, pelas discussões e pela amizade.

Aos já formados, por me mostrarem que existe vida pós-mestrado e que Doutorado não é um sonho distante.

Às minhas amigas mais que especiais Morgana e Julyana, pelas horas de diversão, lazer, confidências e companheirismo. Posso apostar que JB não é mais o mesmo. Floripa não teria graça sem nossas histórias. Amo vocês meninas!

Ao Adriano e Fabiane, pela ajuda em coletas, em mudanças e pelas visitas e risadas.

Ao Dioclei e Djohn, pela grande amizade e companheirismo, pelos finais de semana na frente da churrasqueira, pelos filmes de ação e ficção que aprendi a gostar, por me mostrar que essa ilha pode ser realmente mágica e, principalmente, por serem minha família aqui. Amo vocês!

Aos meus amigos de Blumenau, que mesmo a distância, estiveram sempre comigo.

E a todos que não estão citados aqui, mas que deixaram uma marca nessa minha jornada.

Meus sinceros agradecimentos à todos aqueles que diretamente ou indiretamente fizeram e fazem parte deste trabalho. Muito obrigada!

SUMÁRIO

Resumo	01
Abstract	02
Introdução geral	03
Capítulo 1. Morfoanatomia do sistema subterrâneo de <i>Androtrichum trigynum</i> (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae)	13
Resumo	14
Introdução	14
Material e métodos	16
Resultados	17
Discussão	21
Referências	26
Anexos	31
Capítulo 2. Efeito do alagamento em <i>Androtrichum trigynum</i> (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae): um estudo de caso em restinga de Santa Catarina	38
Resumo	39
Introdução	39
Material e métodos	43
Resultados	45
Discussão	49
Referências	53
Anexos	57
Considerações finais	67

RESUMO

Androtrichum trigynum (Spr.) Pfeiffer é um gênero monotípico da família Cyperaceae ocorrendo em regiões litorâneas da costa sudoeste atlântica. Apresenta o sistema subterrâneo constituído por rizomas e raízes adventícias. Neste trabalho foram investigadas a ontogênese do sistema subterrâneo e análises quantitativas do rizoma, raízes e escapos florais de *A. trigynum*, coletados em dois ambientes da restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição em Florianópolis, caracterizados por dunas semifixas (DS) e baixadas úmidas (BU). Amostras do sistema subterrâneo e escapo foram coletados, fixados em FAA 70 e gluteraldeído 2,5% e processadas de acordo com as técnicas usuais em anatomia vegetal. O rizoma é espessado, plagiotrópico e simpodial, dele partem, escapos florais cuja base é coberta por catafilos, e as raízes. A partir do promeristema do rizoma diferencia-se a protoderme, o procâmbio e o meristema fundamental. Com o desenvolvimento, o meristema de espessamento primário (MEP) é observado entre a região cortical e o cilindro vascular. O MEP produz centrifugamente células parenquimáticas e centripetamente feixes vasculares anfibasais e células parenquimáticas. Posteriormente, a partir do MEP diferenciam-se a endoderme e o periciclo. Em secção longitudinal do ápice radicular são evidentes o caliptrogênio, que origina a coifa; o promeristema, o meristema fundamental, a protoderme e o procâmbio. Inicialmente a epiderme está constituída de células papilosas que secretam grande quantidade de substâncias entre estas e as células da coifa; a endoderme meristemática forma o córtex interno. Na maturidade parte do córtex interno desenvolve-se em aerênquima esquisolisígeno e as células corticais mais internas tornam-se espessadas. As células da endoderme são alongadas no sentido radial e apresentam paredes finas. O periciclo é plurisseriado. Muitos idioblastos contendo compostos fenólicos são encontrados no rizoma, raízes adventícias e escapos florais. Foram analisadas as seguintes características: diâmetro das raízes e rizoma; comprimento, diâmetro e área dos escapos florais; comprimento e diâmetro dos elementos de vaso das raízes, rizomas e escapos florais; grau de esclerofilia, densidade estomática, distância entre estômatos, comprimento total e parcial das células guarda e largura das células subsidiárias e espessura da cutícula e parede periclinal externa da epiderme do escapo floral, as médias foram comparadas por teste T de Student e estatística descritiva com o auxílio do programa Excel e BioEstat 5,0, porcentagens de similaridade e Análise de Similaridade foram usadas para contrastar a procedência e período de coleta e MDS foi empregado para mostrar a distribuição espacial das amostras. De maneira geral, os resultados indicam que a espécie apresentou maiores taxas de crescimento durante o verão, ou seja, no período mais úmido, mostrando-se adaptada ao ciclo hidrológico de alagamentos e drenagens das baixadas úmidas, ao resistir ao alagamento. Através do MDS, foi observada certa tendência à separação das características anatômicas em quatro grupos (BU inverno e verão e DS inverno e verão). *A. trigynum* apresentou características xeromorfas, embora elas ocorram em indivíduos de ambientes úmidos, provavelmente em consequência de pseudo xeromorfismo ou escleromorfismo oligotrófico, causado principalmente por falta de nutrientes no solo.

Palavras-chave: Cyperaceae, *Androtrichum trigynum*, anatomia; ontogênese; morfologia.

ABSTRACT

Androtrichum trigynum (Spr.) Pfeiffer is a monotypic gender of the Cyperaceae family in coastal regions of the southwestern Atlantic coast. It has an underground system composed of rhizomes and adventic roots. This study investigated the ontogenesis of the underground system with quantitative analysis of the rhizomes, roots and flower shoots of *A. Trigynum*, collected in two reef environments in the City Park of Dunas da Lagoa da Conceição in Florianópolis, characterized by semi-fixed dunes (SD) and humid lowered (HL). Samples of underground system and scapes were collected, fixed in FAA 70 and 2,5% glutaraldehyde and processed according to usual techniques in plant anatomy. The rhizome is thick, plagiotropic and sympodial and floral offshoots depart from it with a base covered with cataphylls, and the roots. The protoderm, procambium and fundamental meristem can be differentiated from the rhizome promeristem. During development, the primary thickening meristem (PTM) is observed between the cortical region and the vascular cylinder. The PTM produces parenchyma cells in a centrifugal fashion and amphivasal vascular bundles and parenchymatic cells in a centripetal fashion. Later on, the endoderm and pericycle can be differentiated from the PTM. In a longitudinal section of the radicular apex, the caliprogen is evident, and originates a root cap, the promeristem, the fundamental meristem, the protoderm and the prochange. The epiderm is initially composed of papillary cells which discharge great amount of substances between them and the root caps of the cells; the merismatic endoderm forms the internal cortex. When adult, part of the internal cortex develops into schizolysigenous aerenchyma and the more internal cortical cells become thicker. The endoderm cells are long in a radial way and show thin walls. The pericycle is pluriserial. Many idioblasts with fenolic composites are found in the rhizome, adventitious roots and floral scapes. The following characteristics were analyzed: diameter of roots and rhizome; width, diameter and area of floral scapes; width and diameter of vessel elements of root, rhizomes and floral scapes; degree of sclerophylly, stomatic density, distance between stomates, total and partial width of guard cells and width of subsidiary cells and thickness of cuticle and periclinal external wall of epiderm of floral scape, the means were compared with Student T tests and descriptive statistics were used using Excel and BioStat 5,0 programs, percentages and similarities and Similarity Analysis were used to contrast the origin and period of collection and MDS was used to show the spatial distribution of samples. In general terms, results show that the species presented higher growth rates in the summer, that is, during the most humid period, showing adaptability to the hydrologic cycle of floodings and droughts of the humid hills, resisting flooding. It was observed, through the MDS, a certain tendency to separate anatomic characteristics in four groups (BU winter and summer and DS winter and summer). *A. trigynum* presented xeromorphic characteristics, although they occurred in individuals of humid environments, probably due to the pseudo xeromorfism or oligotropic escleromorfism, caused mainly by lack of nutrients in the soil.

Keywords: Cyperaceae, *Androtrichum trigynum*, anatomy; ontogenesis; morphology.

Introdução Geral

INTRODUÇÃO GERAL

As restingas recobrem cerca de 79% da costa brasileira, estendendo-se do Pará ao Rio Grande do Sul (Lacerda *et al.* 1993, Scarano 2002). De acordo com o Decreto Federal 750/93, a restinga está situada no bioma Mata Atlântica compreendendo um complexo vegetacional característico e pioneiro, variando desde plantas herbáceas até arbustivas e arbóreas (Waechter 1985).

Falkenberg (1999) comenta que o termo restinga vem sendo cada vez mais utilizado no sentido de ecossistema, incluindo não só as comunidades de plantas, mas também as de animais e o ambiente físico em que vivem. Esse autor define a restinga brasileira como um conjunto de ecossistemas costeiros, com comunidades floristicamente e fisionomicamente distintas, as quais colonizam terrenos arenosos de origens muito variadas, formam um complexo vegetacional edáfico e ocupam locais tão diversos como praias, dunas e depressões associadas, cordões arenosos, terraços e planícies.

A flora das restingas deveria ser uma das mais bem conhecidas do Brasil, dado sua proximidade a grandes centros urbanos e sua acessibilidade por mar e ao longo da praia (Araújo 1987), e pelo seu importante papel ecológico na preservação da morfologia costeira (Cordazzo & Seeliger 2003). Entretanto, isso não ocorre e ainda existem grandes lacunas no conhecimento desta rica flora (Araújo 1987). Os principais estudos botânicos em restingas brasileiras restringem-se a dados florísticos e fitossociológicos, onde as famílias mais representativas são Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae (Cordazzo *et al.* 2006; Guimarães 2006), entretanto, estudos anatômicos e ecofisiológicos são escassos.

A vegetação de restinga tem sido intensamente descaracterizada e mesmo destruída pelos mais variados tipos de interferência humana, principalmente loteamentos imobiliários, que geram lixo e esgoto doméstico, nem sempre coletados de forma eficiente, dispendo-os em todo o ambiente (Mantovani 2002); extração de areia, exploração de madeira, drenagem de banhados e implantação agrícola e pecuária. A destruição das matas arenosas ocasiona quase sempre problemas de erosão eólica, com formação de dunas migratórias e conseqüente soterramento de restos de vegetação (Waechter 1985).

Segundo Kjerfve & Lacerda (1992), além dos fatores relacionados com atividades humanas, outras alterações significativas no equilíbrio dos ecossistemas costeiros são

induzidas pela elevação do nível do mar, resultado principalmente do aquecimento global. Entre os principais ecossistemas costeiros potencialmente ameaçados por mudanças do nível do mar estão os recifes de coral, os estuários, manguezais, marismas, as lagoas costeiras e as restingas (Kjerfve & Lacerda 1992). As principais modificações induzidas pela elevação do nível do mar com repercussão direta sobre o equilíbrio das áreas costeiras, conforme Cordazzo *et al.* (2006), são as inundações, as variações na concentração e na distribuição espacial da salinidade, a erosão e a ressuspensão dos sedimentos, e a alteração na distribuição regional dos nutrientes e poluentes. Cordazzo *et al.* (2006) afirmam ainda que poluentes, como derramamentos de petróleo e produtos químicos, com grande tempo de residência no meio ambiente e/ou alta toxicidade, podem, devido ao efeito cumulativo, afetar o desenvolvimento da vegetação das praias e dunas.

A vegetação psamófila, ou seja, a vegetação que vive em solos arenosos apresenta grande importância na formação e fixação das dunas costeiras (Pfadenhauer 1978; Matias & Nunes 2001; Cordeiro 2005). De acordo com Rizzini (1979), a porção inicial das dunas mostra-se despida de vegetação ou a tem tão rala que mal fixa o substrato que, então, é móvel sob ação de ventos fortes; temos aí as dunas móveis e semifixas; mais para o interior, a vegetação adensa-se sobre elas e temos as dunas fixas, imobilizadas sob a cobertura vegetal. As espécies que ocorrem nas dunas são, em geral, rizomatosas ou estoloníferas, com crescimento rápido e grande capacidade de regeneração, adaptações vantajosas ao contínuo soterramento pela areia transportada pelo vento (Pfadenhauer 1978). Waechter (1985) relaciona a distribuição destas plantas ao lençol freático mais próximo da superfície.

Hesp (1991) cita diversos fatores limitantes para o estabelecimento e desenvolvimento de espécies vegetais nas restingas, principalmente em dunas costeiras. Nesses ambientes ocorrem fatores de estresse como borrifos de água, exposição ao vento, soterramento por areia, falta de água (ou em alguns locais o alagamento), alta salinidade, excesso de calor e luminosidade e deficiência nutricional (Hesp 1991, Maun 1994).

Para Cordazzo *et al.* (2006), o ecossistema de dunas costeiras também se apresenta como um ambiente altamente estressante onde os principais fatores estressantes são a movimentação de areia pelo vento, causando erosão e deposição e influenciando, ainda, o teor da umidade no solo, a diminuição de flutuações de temperatura, redução da

difusão de oxigênio no solo e da área foliar fotossinteticamente ativa pelo acúmulo dessa areia; a alta salinidade, devida à maresia, através do sal absorvido dos grãos de areia provenientes da praia e das inundações de água salgada; e a deficiência de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio. De acordo com Hesp (1991), para sobreviver neste ambiente, as plantas contam com adaptações, tais como capacidade de armazenamento de água (suculência), resistência à salinidade, mecanismo fotossintético C4 e CAM e presença de rizomas ou estolões. O recrutamento de mudas de espécies de dunas, na grande maioria, coincide com períodos de maior disponibilidade de umidade ou chuva, e exibem rápido alongamento das raízes (Maun 1994). A ocorrência de folhas brilhantes, reduzidas, muitas vezes pilosas e revestidas por uma camada de cera, são mecanismos de economia de água e reflexão da luz solar (Bresolin 1979; Hesp 1991). Hesp (1991) cita, ainda, que perda de folhas, depósitos de ceras epicuticulares, esclerofilia e acumulação de solutos são características relacionadas a ambientes secos e com alta luminosidade e temperatura. De acordo com Fahn & Cutler (1992) e Dickison (2000), plantas que ocorrem em ambientes com as condições acima citadas são conhecidas como xerófitas, apresentando caracteres xeromorfos.

Entre os representantes da vegetação costeira no Brasil, as famílias Poaceae e Cyperaceae são consideradas de grande importância nesse ambiente, por apresentarem maior riqueza (Matias & Nunes 2001; Cordeiro 2005), o que corrobora os estudos de Guimarães (2006), o qual cita ainda a família Asteraceae.

As Cyperaceae constituem uma grande família, distribuída em quatro subfamílias (Goetghebeur 1998), com aproximadamente, 140 gêneros e 5000 espécies (Dahlgren *et al.* 1985). De acordo com Luceño & Alves (1997), no Brasil ocorrem cerca de 44 gêneros e aproximadamente 600 espécies. Sua distribuição geográfica é ampla, distribuindo-se em brejos, campos rupestres, cerrados e mata atlântica, restingas, em climas temperados e zonas subárticas (Heywood 1978).

Androtrichum é um gênero monotípico da família Cyperaceae (Cordazzo *et al.* 2006). *A. trigynum* (Spr.) Pfeiffer é uma planta psamófila abundante nas dunas estabelecidas em áreas secas e úmidas, característica das dunas estabilizadas influenciadas pelo lençol freático e dominante nas depressões periodicamente alagadas de água doce, principalmente durante o inverno, e que permanecem úmidas em épocas

de seca no verão. De acordo com os mesmos autores, é endêmico da costa sudoeste atlântica, distribuindo-se na Argentina, Uruguai e sul do Brasil.

De modo geral, as Cyperaceae são plantas perenes, exibindo grande variação morfológica (Bell 1991). O tipo de caule mais freqüente é o rizoma (Metcalfé 1971), mas há espécies que podem apresentar, além do rizoma, cormo e estolões, como é o caso de *Cyperus esculentus* L. (Rodrigues & Estelita 2009).

Estudos anatômicos de Cyperaceae foram sumarizados por Metcalfé (1971), o qual cita aspectos anatômicos gerais de várias espécies da família. Autores como Eiten (1969); Wills & Briscoe (1970); Bendixen (1973), Wills *et al.* (1980) e Estelita (1993) enfocaram a anatomia dos órgãos adultos. Trabalhos sobre ontogênese do sistema subterrâneo nesse grupo são escassos; entre eles, destacam-se os de Gifford & Bayer (1995) e Rodrigues & Estelita (2002, 2009). Outros autores analisaram as raízes adventícias como Kadej (1963), que descreveu o padrão da disposição das células no meristema apical de *Cyperus gracilis* L. var. *alternifolius* e Davies *et al.* (1973) que estudaram as raízes laterais intumescidas de espécies de Cyperaceae. Da mesma forma, são escassos os trabalhos com enfoque ecológico com espécies de Cyperaceae, destacando Martins (2007) e Martins *et al.* (2008) que estudaram as estratégias adaptativas ao ambiente de dunas litorâneas adotadas por *Cyperus maritimus* Poir. e Martins (2002) que analisou aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de *Cladium mariscus* (L.) Pohl. empregado no tratamento de esgoto doméstico e comparou com espécimes encontradas em ambiente natural.

Plantas que transitam do ambiente aquático para o terrestre tolerando o alagamento ou a seca em determinados ambientes, assim como *Androtrichum trigynum* são consideradas anfíbias (Ridge 1987; Robe & Griffiths 1998). Tais espécies apresentam hábito mesófito (Weaver & Clements 1929). Acredita-se que as plantas adaptadas a habitats com disponibilidades hídricas distintas podem estar associadas à presença de características estruturais diferentes (Esau 1977). Tais variações morfológicas e estruturais resultam em estratégias adaptativas que favorecem a ocupação das espécies em meios distintos (Eames & MacDaniels 1947; Fahn & Cutler 1992; Dickison 2000).

Diante da escassez de informações sobre os aspectos estruturais das plantas que ocorrem em dunas, principalmente de espécies de Cyperaceae, este trabalho tem por objetivo caracterizar a morfoanatomia de *A. trigynum* (Spr.) Pfeiffer incluindo estudo

ontogenético do sistema subterrâneo e análises quantitativas comparativas de diferentes características morfoanatômicas de espécimes ocorrente em ambientes alagados e não alagados no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina. Assim, a presente dissertação está dividida em dois capítulos, além de duas seções (área de estudo e referências) que ficaram separadas deles.

O Capítulo 1 inclui o estudo morfoanatômico do sistema subterrâneo de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae), enquanto o capítulo 2 analisa através da anatomia quantitativa o efeito do alagamento em populações de *A. trigynum* ocorrente na restinga de Santa Catarina, identificando possíveis variações morfológicas relacionadas aos referidos ambientes.

Área de estudo

A restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição situa-se no litoral leste da ilha de Santa Catarina, distrito da Lagoa da Conceição, Florianópolis (SC) (Beltrame *et al.* 2006) entre as latitudes 27°36' S - 27°38' S e longitudes 48°26' W - 48°27' W (CECCA 1997). Sua área total é de 563ha, limitando-se ao norte com a Avenida das Rendeiras, a leste com a Estrada Geral da Praia da Joaquina e a oeste com a rua Vereador Osni Ortiga e um curso d'água que corre paralelamente no limite do Parque. No limite sudeste se encontra a Praia da Joaquina (Beltrame *et al.* 2006) (Fig. 1).

Esta área foi tombada como patrimônio natural e paisagístico de Florianópolis, através do Decreto Municipal nº 1.261/75. Em 1979, sua área foi ampliada por meio do Decreto Municipal nº 213 e somente em 1988, foi criado o Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, através do Decreto Municipal nº 231, com finalidade de aproveitar as condições peculiares de sua paisagem natural para o desenvolvimento de atividades educativas, de lazer, recreação e para o desenvolvimento de pesquisas científicas (CECCA 1997; Beltrame *et al.* 2006).

As estações do ano no município de Florianópolis (SC) são bem definidas. De acordo com a classificação de Strahler, a cidade possui clima do tipo subtropical úmido e está inserida na região de clima temperado de categoria subquente (CECCA 1996). A variação da temperatura depende da maritimidade, que desempenha papel regulador e diminui contrastes térmicos (CECCA 1996). Segundo Beltrame *et al.* (2006), as temperaturas no parque durante o inverno variam, em média, entre 18°C e 15°C e

durante o verão entre 26°C e 24°C, mas, muitas vezes, podem chegar a mais de 30°C durante o dia.

As precipitações são bem distribuídas durante todo o ano (média de 1.521 mm) e seu ritmo é regulado pelas frentes polares (CECCA 1996). A umidade relativa do ar apresenta média anual elevada (82%), devido à posição geográfica e pelo caráter úmido da massa Tropical Atlântica (Herrmann 1989).

Dentro do parque não há córregos ou rios, mas nos períodos de chuvas, podem-se formar pequenos banhados e lagos (Beltrame *et al.* 2006) (Fig. 3, 5). Segundo Waechter (1985), a formação de pequenos banhados e lagos permite o desenvolvimento de plantas aquáticas.

As coletas foram realizadas no verão (Fig. 3, 5) e inverno (Fig. 2, 4) de 2007 em duna semifixa (DS) (Fig.4, seta preta) e baixada úmida (BU) (Fig. 4, seta preta) de acordo com a classificação de Guimarães (2006). De acordo com a mesma autora, as dunas semifixas apresentam de 1/5 a 4/5 de sua superfície cobertos por vegetação herbáceo-subarbusciva, estando protegidas da ação do vento; enquanto que, as baixadas úmidas caracterizam-se

por estarem cobertas de água por algumas semanas ou poucos meses em cada ano e podem ser inundadas quando ocorrem chuvas muito fortes.

Referências

- Araújo, D.S.D. 1987. Restingas: síntese dos conhecimentos para a costa sul-sudeste brasileira. p. 333-47. *In Anais do I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*. São Paulo, Aciesp, v.1,
- Bell, A.D. 1991. **Plant form: an illustration guide to flowering plant morphology**. Oxford University Press.
- Beltrame, A.V.; Bunn, D.A.; Chaves, A.P.N. & Voges, M.S. 2006. **Conhecendo o Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição**. Florianópolis: [S. n.].
- Bendixen, L.E. 1973. Anatomy and sprouting of yellow nutsedge tubers. **Weed Science** 21:01-503.
- Bresolin, A. 1979. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Insula** 10:1-55.
- CECCA (Centro de Estudos Cultura e Cidadania). 1996. **Uma cidade numa ilha: relatório sobre os problemas sócio-ambientais da Ilha de Santa Catarina**. Insular.
- CECCA (Centro de Estudos Cultura e Cidadania). 1997. **Unidades de conservação e áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina: caracterização e legislação**. Insular.
- Cordazzo, C.V.; Paiva, J.B. & Seeliger, U. 2006. **Guia ilustrado: plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica**. Pelotas: USEB.
- Cordazzo, C.V. & Seeliger, U. 2003. Reproduction and vegetative regeneration in *Blutaparon portulacoides* (Amaranthaceae) on backshores in southern Brazil. **Journal of Coastal Research** 35:481-485.

- Cordeiro, S.Z. 2005. Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Peró, Cabo Frio, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**:679-693.
- Dahlgren, R.M.T.; Clifford, H.T. & Yeo, P.F. 1985. **The families of the monocotyledons structure evolution and taxonomy**. New York: Berlin Heidelberg.
- Davies, J.; Briarty, L.G. & Rieley, J.O. 1973. Observations on the swollen lateral roots of the Cyperaceae. **The New Phytologist** **72**:167-174.
- Dickison, W.C. 2000. **Integrative Plant Anatomy**. San Diego: Academic Press.
- Eames, A.J. & MacDaniels, L.H. 1947. **An Introduction to Plant Anatomy**. London: MacGraw-Hill Books.
- Eiten, L.T. 1969. The vegetative anatomy of *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult. **Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo** **4**:87-228.
- Esau, K. 1977. **Plant anatomy**. New York: John Wiley & Sons.
- Estelita, M.E.M. 1993. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Remirea maritima* Aubl. (Cyperaceae). **Naturalia** **18**:123-134.
- Falkenberg, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula** **28**:1-30.
- Fahn, A. & Cutler, D.F. 1992. **Xerophytes**. Germany: Gebrüder Borntraeger.
- Gifford, E.M. & Bayer, D.E. 1995. Development anatomy of *Cyperus esculentus* (yellow nutsedge). **Internation Journal of Plant Science** **156**:622-629.
- Goetghebeur, P. 1998. Cyperaceae. p. 141-190. In K. Kubitzki (ed.). **The families and genera of vascular plant**. v. IV.
- Guimarães, T.B. 2006. **Florística e fenologia reprodutiva de plantas vasculares na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa de Conceição, Florianópolis, SC**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Herrmann, M.L.P. 1989. **Aspectos ambientais da porção central da Ilha de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Heywood, V.H. 1978. **Flowering plants of the world**. Oxford: Oxford University Press.
- Hesp, P.A. 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. **Journal of arid environments** **21**:165-191.
- Kadej, F. 1963. Interpretation of the pattern of the cell arrangement in the root apical meristem of *Cyperus gracilis* L. var. *alternifolius*. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** **32**: 295-301.
- Kjerfve, B. & Lacerda, L.D. 1992. Variação relativa do nível do mar. **Ciência hoje** **81**:60-65.
- Lacerda, L.D.; Araujo, D.S.D. & Maciel, N.C. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. p. 477-493. In E. Van der Maarel (ed.). **Dry coastal-ecosystems: Africa, Asia, Oceania**. Amsterdam: Elsevier.
- Luceño, M. & Alves, M.V. 1997. Clave de los géneros de ciperáceas de Brasil y novedades taxonómicas y corológicas en la familia. **Candollea** **52**:185-197.
- Mantovani, W. 2002. Manguezal e restinga: difícil conservação. p. 31-33. In E.L. Araujo; A.N. Moura; E.V.S.B. Sampaio; L.M.S. Gestinari & J.M.T. Carneiro (orgs.). **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Pernambuco: Universidade Rural de Pernambuco, Sociedade Botânica do Brasil, Regional Pernambuco.

- Martins, J.M. 2002. **Aspectos estruturais de *Cladium mariscus* (L.) Pohl (Cyperaceae) submetidos a dois ambientes distintos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Martins, S. 2007. **Análise Anatômica e Ultra-estrutural em *Cyperus* L. s.l. (Cyperaceae) do Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Martins, S.; Machado, S.R. & Alves, M. 2008. Anatomia e ultra-estrutura foliar de *Cyperus maritimus* Poir. (Cyperaceae): estratégias adaptativas ao ambiente de dunas litorâneas. **Acta Botanica Brasilica** **22**:493-503.
- Matias, L.Q. & Nunes, E.P. 2001. Levantamento florístico da área de proteção ambiental de Jericoacara, Ceará. **Acta Botanica Brasilica** **15**:33-43.
- Maun, M.A. 1994. Adaptations enhancing survival and establishment of seedlings on coastal dune systems. **Vegetatio** **111**:59-70.
- Metcalf, C.R. 1971. **Anatomy of the monocotyledons**. Cyperaceae. London: Oxford, University Press.
- Pfadenhauer, J. 1978. Contribuição ao conhecimento da vegetação e de suas condições de crescimento nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia** **38**:827-64.
- Rizzini, C.T. 1979. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. São Paulo: HUCITEC & EDUSP.
- Ridge, I. 1987. Ethylene and growth control in amphibious plants. p. 53-77. In R.M.M. Crawford. (ed.). **Plant life in aquatic and amphibious habitats**. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Robe, W.E. & Griffiths, H. 1998. Adaptations for an amphibious life: changes in leaf morphology, growth rate, carbon and nitrogen investment, and reproduction during adjustment to emersion by the freshwater macrophyte *Littorella uniflora*. **The New Phytologist** **140**:9-23.
- Rodrigues, A.C. & Estelita, M.E.M. 2002. Primary and secondary development of *Cyperus giganteus* Vahl rhizome (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **25**:251-258.
- Rodrigues, A.C. & Estelita, M.E.M. 2009. Morfoanatomy of the Stem in some Cyperaceae. **Acta Botanica Brasilica** **23** (no prelo).
- Scarano, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany** **90**: 517-524.
- Waechter, J.L. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, Série Botânica** **33**:49-68.
- Weaver, J.E. & Clements, F.E. 1929. **Plant Ecology**. New York: McGraw-Will.
- Wills, G.D. & Briscoe, G.A. 1970. Anatomy of Purple Nutsedge. **Weed Science** **18**:631-635.
- Wills, G.D.; Hoagland, R.E. & Paul, R.N. 1980. Anatomy of Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). **Weed Science** **28**:432-437.



1



Figura 1. Localização do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC. 2-5. Locais de coleta no Parque. 2-3: Ponto 1 (seta). 2: Inverno. 3: Verão. 4: Ponto 2 (inverno) com baixada úmida (seta branca) e duna semifixa (seta preta). 5: Verão, ponto 2 (seta preta) e ponto 3 (seta branca).

Capítulo I

Morfoanatomia do sistema subterrâneo de *Androtrichum trigynum* (Spr.)
Pfeiffer (Cyperaceae)

Morfoanatomia do sistema subterrâneo de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (gênero monotípico da família Cyperaceae) em desenvolvimento

RESUMO – (Morfoanatomia do sistema subterrâneo de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (gênero monotípico da família Cyperaceae) em desenvolvimento). *Androtrichum trigynum* é um gênero monotípico, ocorre em regiões litorâneas da costa sudoeste atlântica. Apresenta o sistema subterrâneo constituído por rizomas e raízes adventícias. Amostras foram coletadas no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, fixadas e processadas de acordo com técnicas usuais em anatomia vegetal. O rizoma é espessado, plagiotrópico e simpodial. Os entrenós são reduzidos e nas axilas surgem gemas laterais. Do rizoma partem os escapos florais e as raízes. No promeristema diferenciam-se a protoderme, o procâmbio e o meristema fundamental. Na região apical observam-se os meristemas intercalar e de espessamento primário (MEP). O MEP produz centrifugamente células parenquimáticas e centripetamente feixes vasculares anfiavasais e células parenquimáticas. A partir do MEP diferenciam-se a endoderme e o periciclo. As raízes se originam do MEP. A anatomia do ápice radicular é semelhante a outras espécies de Cyperaceae. Inicialmente a epiderme apresenta células papilosas e a endoderme meristemática forma o córtex interno, através de divisões periclinais. Posteriormente, diferencia-se a hipoderme e córtex interno, a endoderme e o periciclo plurisseriado. Parte do córtex interno transforma-se em aerênquima equisolisígeno e as paredes das células corticais mais internas tornam-se espessadas. A endoderme é alongada radialmente e apresenta parede fina. Muitos idioblastos contendo compostos fenólicos são encontrados em ambos os órgãos. Tais resultados condizem com a descrição morfoanatômica de outras espécies da família.

Palavras-chave: *Androtrichum trigynum*, sistema subterrâneo, anatomia, morfologia.

Introdução

Androtrichum trigynum (Spr.) Pfeiffer, popularmente conhecido como junco-da-praia, é um gênero monotípico da família Cyperaceae, tem sua distribuição geográfica restrita à costa sudoeste atlântica, ocorrendo da Argentina até a região Sul do Brasil (Costa *et al.* 1988). É planta psamófila, abundante nas dunas estabilizadas em áreas secas e úmidas (Cordazzo *et al.* 2006) sendo considerada espécie anfíbia (Ridge 1987; Robe & Griffiths 1998). Apresenta hábito mesófito, vivendo em áreas mais secas e altas, livres da inundação e tolerando o alagamento nos períodos de chuva, quando localizada em regiões mais baixas. O sistema subterrâneo é constituído por rizomas e raízes adventícias (Cordazzo *et al.* 2006).

De acordo com Milanez & Moraes-Dallaqua (2003) os sistemas subterrâneos são de grande importância quanto aos aspectos fisiológicos, ecofisiológicos e econômicos, mas as pesquisas morfoanatômicas envolvendo estas estruturas ainda são escassas,

principalmente diante da grande heterogeneidade encontrada nos diferentes ambientes. Apenas observações da morfologia externa não são suficientes para esclarecer a diversidade desses sistemas (Milanez & Moraes-Dallaqua 2003). Conseqüentemente, análises anatômicas são fundamentais para se caracterizar precisamente tais estruturas (Vilhalva & Appezzato-da-Glória 2006), principalmente estudos ontogenéticos.

Metcalf (1971) descreve de modo geral a anatomia vegetativa de várias espécies da família Cyperaceae, assim como Kukkonen (1967), Eiten (1969), Wills (1987), Sharma & Mehra (1972), Govindarajalu (1974), Estelita (1993) e Prata *et al.* (2007), entretanto, estes autores enfocam em seus trabalhos apenas a anatomia dos órgãos adultos enfatizando também a taxonomia de alguns grupos.

Poucos estudos referem-se à ontogênese desses órgãos, citam-se Kadej (1963), que faz uma interpretação do meristema apical radicular de *Cyperus gracilis* R. Br.; Wills *et al.* (1980) e Gifford & Bayer (1995), que tratam da ontogênese do sistema subterrâneo de *C. esculentus* L.; Wills & Briscoe (1970), que descrevem o desenvolvimento dos caules subterrâneos de *C. rotundus* L. e Rodrigues & Estelita (2002; 2004; 2009), que estudaram a atividade dos meristemas de espessamento primário e secundário no sistema caulinar de várias espécies da família e também o desenvolvimento das raízes de *C. giganteus* Vahl.

De acordo com Rudall (1991), as espécies de monocotiledôneas apresentam, nas proximidades do ápice caulinar, o meristema de espessamento primário (MEP), localizado em região pericíclica. Até o momento, o MEP tem sido citado principalmente nas famílias Cyperaceae, Araceae, Eriocaulaceae e Juncaceae (Rudall 1991). Para Menezes *et al.* (2005), o MEP é o próprio periciclo em fase meristemática, juntamente com a endoderme e suas derivadas ou apenas o periciclo. Martins & Appezzato-da-Glória (2006) sugeriram que, no rizoma de *Smilax polyantha* Griseb., o MEP corresponde a uma faixa meristemática de origem pericíclica que origina feixes vasculares completos centripetamente, primórdios radiculares e gemas caulinares resultando num espessamento na base do ramo caulinar em desenvolvimento.

Nas espécies de Cyperaceae estudadas por Rodrigues & Estelita (2002; 2009), o MEP é um meristema que se origina próximo ao ápice caulinar. Em regiões basais do órgão, ele se dispõe lateralmente entre o córtex e o cilindro vascular, formando feixes vasculares e células parenquimáticas contribuindo, junto com o procâmbio, para o espessamento primário do caule, como também observado por DeManson (1979a; b),

Rudall (1991), Gifford & Bayer (1995) para outras espécies de monocotiledôneas. O MEP é responsável ainda pela formação das conexões entre a vascularização do caule, raízes e folhas (Krauss 1948; Rudall 1991) e pela formação de raízes adventícias (DeManson 1979b; Rudall 1991; Gifford & Bayer 1995; Rodrigues & Estelita 2002; 2004; Estelita & Rodrigues 2007).

Sobre o desenvolvimento das raízes, são destacados principalmente, na literatura, a atividade meristemática da endoderme por autores como Willians (1947), Melo-de-Pinna & Menezes (2002; 2003), Rodrigues & Estelita (2004), Alonso & Moraes-Dallaqua (2004) e Menezes *et al.* (2005); e o desenvolvimento do aerênquima na região cortical por autores como Beckel (1956); Heimsch (1960); Clarck & Harris (1981); Seago & Marsh (1989); Drew *et al.* (2000) e Seago *et al.* (1999a; 2000; 2005). Tais trabalhos mostram que o córtex interno das raízes é originado por divisões periclinais da endoderme meristemática e na maturidade podem formar aerênquima de origem esquizógena, por dissolução da lamela média ou lisígena, quando os espaços são formados por lise de algumas células corticais. Entretanto, poucos referem-se à espécies de Cyperaceae.

Deste modo, este trabalho tem como objetivos descrever e analisar as etapas do desenvolvimento do rizoma e das raízes adventícias de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer destacando as principais fases da diferenciação dos tecidos, contribuindo com informações que possam ser utilizadas para o entendimento da morfoanatomia não só de espécies de Cyperaceae, mas de outras monocotiledôneas.

Material e Métodos

Espécimes de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae) foram coletados na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, situado no litoral leste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC), entre as coordenadas 27°38,207' S 48 °27,691' W. Parte do material coletado foi depositado no Herbário FLOR sob o número 37.276.

Amostras das raízes e rizoma, em diferentes fases do desenvolvimento, foram fixadas em glutaraldeído 2,5% em tampão fosfato de sódio 0,1M, pH 7,2 (Feder & O'Brien 1968) por 48 horas e/ou em FAA em etanol 70% (Johansen 1940) e posteriormente conservados em etanol 70%. Lâminas permanentes foram confeccionadas com material incluído em parafina ou historresina. Para parafina,

porções apicais do material foram desidratadas em série butanólica terciária crescente (Johansen 1940), pré-infiltradas em óleo de parafina e butanol, infiltradas em parafina pura em três etapas em estufa a 60°C. Para historresina, seguiram-se as indicações do fabricante Leica Jungs Historesin. O material emblocado, tanto em parafina quanto historresina, foi seccionado utilizando-se navalha de aço em micrótomo rotativo Leica RM2125, com espessura entre 8 a 10 µm. As secções em historresina foram coradas com azul de toluidina (O'Brien *et al.* 1965) e aquelas em parafina foram coradas com azul de astra e safranina (Bukatsch 1972).

Lâminas semipermanentes foram confeccionadas a partir de secções à mão livre, do material adulto, com auxílio de lâmina de barbear; coradas com safranina e azul de astra (Bukatsch 1972) e montadas entre lâmina e lamínula com gelatina glicerinada (Kaiser 1880, *apud* Kraus & Arduim 1997). Testes histoquímicos foram realizados, em material fixado, utilizando-se solução de Lugol para amido (Johansen 1940), Sudan III para substâncias lipofílicas (Sass 1951), cloreto férrico para substâncias fenólicas (Johansen 1940) e floroglucinol acidificado para a lignina (Johansen 1940). Amostras dos órgãos adultos foram maceradas utilizando-se solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético (1:1) (Franklin 1945) e coradas com safranina (Bukatsch 1972). As fotomicrografias foram realizadas em microscópio Leica MPS 30 DMLS com captura de imagens com câmera digital Sony Cyber-Shot 5.1.

Para extração e caracterização dos compostos fenólicos, foram pesadas 5,0 g da biomassa seca de raízes e 15 g de rizomas, em balança de precisão GEHAKA, e triturados em processador doméstico. Em seguida, as amostras foram solubilizadas em etanol. A análise da composição química foi realizada através de cromatografia em camada delgada em placas de gel de sílica F₂₅₄ com o seguinte eluente: clorofórmio (CHCl₃) para compostos apolares (esteróides e terpenos), acetato de etila para compostos de média polaridade (taninos, compostos fenólicos e flavonóides) e metanol para compostos polares (taninos e alguns flavonóides). O revelador utilizado foi anisaldeído sulfúrico com aquecimento de 100°C.

Resultados

Morfologia: *Androtrichum trigynum* apresenta o sistema subterrâneo constituído por rizomas e raízes adventícias (Fig. 1). O rizoma é espessado, plagiotrópico e simpodial. Os entrenós são reduzidos e cobertos por catafilos de coloração marrom; nas axilas

destes surgem as gemas laterais. Do rizoma partem, também, os escapos florais cuja base é coberta por catafilos de coloração castanho-avermelhada. As raízes surgem da base dos entrenós do rizoma e ramificam-se até segunda ordem, quando jovens apresentam coloração clara e quando mais velhas tem coloração castanho escuro.

Anatomia: Em secção longitudinal do ápice caulinar, observa-se o promeristema circundado por primórdios de brácteas (Fig. 2). O meristema apical apresenta constituição túnica-corpo, sendo a túnica constituída por duas a três camadas de células que sofrem divisões anticlinais (Fig. 3) e o corpo constituído de várias camadas de células que sofrem divisões em vários sentidos. A partir do promeristema diferenciam-se a protoderme, o procâmbio e o meristema fundamental (Fig. 2). Observa-se ainda, na região apical, o meristema intercalar (MI) (Fig. 2) constituído por, aproximadamente, 15 camadas de células com paredes finas e dispostas de maneira estratificada (Fig. 4). Observa-se também na região apical a formação de gemas laterais (Fig. 2) com a mesma constituição da gema apical (Fig. 5).

O meristema de espessamento primário (MEP) foi observado em níveis subseqüentes do desenvolvimento. Em secção transversal, o MEP se dispõe de forma circular delimitando a região cortical e o cilindro vascular (Fig. 6). Sua atividade consiste em produzir centripetamente, através de divisões periclinais, feixes vasculares e células parenquimáticas e centrifugamente apenas células parenquimáticas (Fig. 7). O MEP origina, ainda, as raízes adventícias (Fig. 8).

A epiderme é unisseriada (Fig. 9-10). O córtex, inicialmente, apresenta-se homogêneo e quando adulto distinguem-se o córtex interno e o externo (Fig. 9). O córtex externo ou hipoderme (Fig. 10) é constituído por células parenquimáticas hexagonais compactas e paredes finas. O córtex interno é formado por células menores em relação às células corticais externas, isodiamétricas e com pequenos espaços intercelulares (Fig. 11, seta). Observa-se também que as camadas mais internas do córtex interno se diferenciam das demais apresentando-se mais compactas sem espaços intercelulares (Fig. 11).

Em níveis subseqüentes do desenvolvimento observa-se que a atividade do MEP diminui gradativamente e a endoderme e o periciclo se diferenciam-se (Fig. 11-12). A endoderme apresenta células alongadas no sentido radial com paredes finas (Fig. 12). O periciclo é unisseriado com células isodiamétricas e paredes espessadas (Fig. 12). O cilindro vascular apresenta células parenquimáticas conspícuas, isodiamétricas, com

paredes finas, poucos espaços intercelulares (Fig. 13). Os feixes vasculares são anfigvasais (Fig. 13-14), os localizados mais externamente são formados pelo MEP (Fig. 7) e os localizados mais internamente são formados pelo procâmbio. Todos feixes vasculares apresentam bainha plurisseriada com células de paredes espessadas (Fig. 11-14).

Na maturidade, as células mais internas do córtex interno, inclusive as da endoderme, espessam suas paredes (Fig. 15). Muitos idioblastos contendo compostos fenólicos são encontrados em todo o rizoma (Fig. 9, 13, 16-18), com exceção das camadas mais internas do córtex interno (Fig. 11). Compostos fenólicos também são observados nas paredes das células da endoderme e das células corticais mais internas (Fig. 16). Amiloplastos ocorrem tanto na região cortical interna (Fig. 17), como no cilindro vascular (Fig. 18).

As raízes surgem do rizoma através do MEP (Fig. 8). Em secções longitudinais do ápice radicular, são observados a coifa originada do caliptrogênio, o promeristema, a protoderme, o procâmbio e o meristema fundamental (Fig. 19-21). A coifa é formada por divisões periclinais do caliptrogênio e apresenta vários estratos de células compactadas (Fig. 19). O caliptrogênio é constituído por grupo de células dispostas em camadas compactadas, com núcleos conspícuos.

A partir do promeristema observa-se a célula inicial da protoderme e do meristema fundamental, sendo possível observar a célula inicial comum de ambos os tecidos (Fig. 20, seta). O cilindro de procâmbio é logo evidenciado, sendo a região do promeristema bastante pequena (Fig. 19-20). As células da protoderme alongam-se gradualmente no sentido radial à medida que se afastam da célula inicial (Fig. 21).

Em secções transversais a 120 μm do ápice radicular, observa-se o cilindro de procâmbio, o início da atividade da endoderme meristemática e a coifa ainda presente com várias camadas celulares (Fig. 22-23). A endoderme meristemática forma através de divisões periclinais, a região cortical de forma radiada diferenciando-a do cilindro vascular (Fig. 22-23).

A 280 μm do ápice radicular (Fig. 24), observam-se 3 a 4 camadas de células da coifa, a epiderme diferenciada em células papilosas. Essas possuem conteúdo denso e secretam espessa camada de substância que fica depositada entre estas e as células da coifa (Fig. 25). A região cortical, nesta fase do desenvolvimento, apresenta-se constituída em córtex externo ou hipoderme e córtex interno. A hipoderme (Fig. 24, 26),

é originada do meristema fundamental, apresenta aproximadamente seis camadas de células isodiamétricas, sem espaços intercelulares. O córtex interno (Fig. 24, 27), resultante de divisões periclinais da endoderme meristemática, normalmente é composto por cerca de 22 camadas celulares arranjadas radialmente, com paredes finas e espaços intercelulares conspícuos (Fig. 27, setas). No cilindro vascular, os elementos vasculares estão em diferenciação (Fig. 24, 27).

Posteriormente (Fig. 28), as células da coifa desaparecem, observa-se ainda considerável camada de substância secretada pelas células epidérmicas, as quais juntamente com as células mais externas da hipoderme apresentam conteúdo denso (Fig. 29). A endoderme meristemática cessa a atividade e diferencia-se em células alongadas no sentido radial (Fig. 30), fato observado pelo grau elevado de vacuolização das células. No cilindro vascular observa-se o periciclo plurisseriado e os elementos do xilema e floema ainda em diferenciação (Fig. 28, 30). Começam a surgir no córtex interno e na medula idioblastos com compostos fenólicos (Fig. 28).

Em níveis subseqüentes do desenvolvimento (Fig. 31), a camada de substância secretada pela epiderme, antes espessa, torna-se delgada (Fig. 31-32). Os espaços intercelulares do córtex interno tornam-se mais conspícuos e as camadas de células mais internas do córtex começam a espessar suas paredes (Fig. 33, seta). A endoderme está completamente diferenciada, assim como o periciclo e elementos vasculares e as paredes celulares do periciclo tornam-se espessadas (Fig. 33).

Na maturidade, parte do córtex interno transforma-se em aerênquima esquisolisígeno, que se inicia com a dissolução da lamela média aumentando os espaços intercelulares (Fig. 34), os quais tornam-se mais evidentes posteriormente com a lise das células. As células da endoderme mantêm-se com as paredes delgadas (Fig. 35). Muitos idioblastos contendo compostos fenólicos ocorrem em todas as regiões da raiz, com exceção da hipoderme (Fig. 31). A raiz é poliarca, apresenta grande número de elementos de metaxilema circundando a região medular (Fig. 35).

As raízes e o rizoma de *Androtrichum trigynum* possuem grandes quantidades de compostos fenólicos, como ácido gálico e quercetina, esteróides como colesterol, taninos e flavonóides, sendo estes compostos mais abundantes no rizoma.

Os elementos de vaso do rizoma e das raízes tem espessamento escalariforme e placa de perfuração simples, situadas nas paredes terminais, e não possuem apêndices.

Discussão

O rizoma de modo geral, pode ser espessado e rico em reservas, constituído por um eixo caulinar recoberto por catafilos que cresce geralmente no interior do solo, é provido de nós e entrenós, apresentam folhas e flores aéreas e suas raízes são formadas na região nodal (Apezzatto-da-Glória 2003). Entretanto, segundo Milanez & Moraes-Dallaqua (2003), há uma ampla terminologia utilizada para descrever e classificar os sistemas subterrâneos, e muitas vezes, estas são empregadas de maneira errônea pela escassez de trabalhos anatômicos, principalmente ontogenéticos. Neste trabalho, apesar de não ter sido feito estudo ontogenético a partir da semente, o caule subterrâneo de *A. trigynum* é considerado rizoma conforme descrições para outras espécies da família (Metcalfe 1971; Rodrigues & Estelita 2009) e o caule aéreo, apesar de ser perene, é designado como reprodutivo, pois é o eixo da inflorescência, assim como em outras espécies de Cyperaceae (Estelita & Rodrigues 2007).

A anatomia dos ápices, tanto dos rizomas quanto das raízes de *A. trigynum*, é semelhante ao que é descrito por Esau (1977) para outras espécies de monocotiledôneas e por Gifford & Bayer (1995) e Rodrigues & Estelita (2009) para outras espécies de Cyperaceae. Chama-se atenção, entretanto, para as células papilosas da epiderme da raiz de *A. trigynum*, as quais não formam pêlos radiculares e secretam substância conspícua, semelhante à mucilagem. Para Mauser (1988), a substância mucilagínosa secretada pela região apical das raízes é conhecida como mucigel. Ela age protegendo e lubrificando o ápice radicular, ajudando na absorção de água e nutrientes (Dickison 2000). Acredita-se que em *A. trigynum*, essa substância possa ainda atuar como isolante térmico às altas temperaturas que alcançam o solo, principalmente no verão, ou auxiliaria na retenção de água evitando a dessecação.

O meristema intercalar (MI), observado no ápice caulinar de *A. trigynum*, também foi observado no rizoma de *C. giganteus* (Estelita & Rodrigues 2007) e *Fuirena umbellata* Rottb. (Rodrigues & Estelita 2009). De acordo com Estelita & Rodrigues (2007), o meristema intercalar é freqüente em folhas e entrenós de muitas monocotiledôneas, escapos e pedicelos. Porém sua atividade é maior nos escapos, o qual permite o alongamento dos entrenós (Fisher 1970). Acredita-se, que a presença do MI na região apical do rizoma de em *A. trigynum* indica o início da formação do escapo floral, ou seja, início da fase reprodutiva.

O MEP é um meristema lateral característico das monocotiledôneas (Rudall 1991) e tem sido descrito para várias plantas deste grupo, podendo ocorrer em espécies herbáceas (Krauss 1948; Sajo 1992), rizomatosas (Rudall 1984, 1991; Rodrigues & Estelita 2004; 2009) e em regiões mais imaturas daquelas com crescimento secundário (Fisher & Tomlinson 1972). Na família Cyperaceae, foi registrado nos gêneros *Scirpus* e *Fimbristylis* por Rudall (1991), e nas espécies *Cyperus esculentus* (Gifford & Bayer 1995) e *C. giganteus*, *C. rotundus*, *Fuirena umbellata*, *Hypolitrum schrderianum* Ness, *Bulbostylis paradoxa* (Spreng.) Lindm. (Rodrigues & Estelita 2009). O MEP, junto com os meristemas apicais, tem a função de formar o corpo primário da planta (Rudall 1991).

Em *A. trigynum*, assim como nas demais espécies de Cyperaceae estudadas por Rodrigues & Estelita (2002; 2009), o MEP próximo ao ápice, apresenta-se constituído por alguns extratos celulares cujas células apresentam-se empilhadas e com características meristemáticas como paredes finas e citoplasma denso. O MEP produz centrifugamente células parenquimáticas, constituindo parte do córtex interno, e centripetamente, feixes vasculares e células parenquimáticas que contribuem junto com o procâmbio com o espessamento primário do caule (DeMason 1979a; b; Rudall 1991; Rodrigues & Estelita 2002; 2009). Em fases sucessivas do desenvolvimento, a partir do MEP distinguem-se o periciclo e a endoderme. Para Menezes *et al.* (2005), o MEP é o periciclo em fase meristemática, juntamente com a endoderme e suas derivadas e próximo ao ápice caulinar, esses tecidos assemelham-se a um único meristema. Desta forma, a endoderme meristemática produz o parênquima cortical centrifugamente e o periciclo produz os feixes vasculares centripetamente, semelhante ao que ocorre nas raízes.

Nas raízes de *A. trigynum* observa-se que o periciclo e a endoderme meristemática são reconhecidos ainda muito próximo ao promeristema. Neste órgão fica evidente a formação do córtex interno pela endoderme meristemática, como também observaram Seago & Marsh (1989) em *Typha glauca* Godr., Seago *et al.* (1999a) em *Hydrocharis morus-ranae* L., Seago *et al.* (2000) em *Pontederia cordata* L., Melo-de-Pinna & Menezes (2003) em *Richterago* Kuntze, Rodrigues & Estelita (2004) em *Cyperus giganteus*. Entretanto, no rizoma de *A. trigynum* durante a fase meristemática, não é possível identificar a endoderme meristemática e o periciclo como nas raízes. A endoderme e o periciclo, no rizoma, se diferenciam mais tarde, quando o MEP cessa sua

atividade, como também observaram Rodrigues & Estelita (2002; 2009) em outras espécies de Cyperaceae.

O MEP é também responsável pela formação das conexões entre a vascularização do caule, raízes e folhas (Krauss 1948; Rudall 1991) e pela formação de raízes adventícias (DeManson 1979b; Rudall 1991; Gifford & Bayer 1995; Rodrigues & Estelita 2002). Gifford & Bayer (1995) admitem que seja difícil determinar o local preciso de origem das raízes adventícias em *Cyperus esculentus*. Em *A. trigynum*, em regiões próximas ao ápice, elas originam-se a partir do MEP, enquanto que em regiões mais distantes do ápice elas se originam do periciclo, como também observado em outras espécies de Cyperaceae (Rodrigues & Estelita 2002; 2004; 2009).

Para Melo-de-Pinna & Menezes (2003), a endoderme meristemática, nas raízes, origina-se a partir de uma das células do meristema fundamental, que irá sofrer sucessivas divisões anticlinais e periclinais para formar o córtex interno, permanecendo como uma camada meristemática até sua diferenciação em endoderme com as estrias de Caspary. A endoderme normalmente é reconhecida pela presença das estrias de Caspary (Van Fleet 1961). Nos caules, muitos autores, ao não observarem as estrias de Caspary, a denominam de camada endodermóide (Tomlinson 1969; Gifford & Bayer 1995). Na espécie em estudo não foram observadas estrias de Caspary nas células da endoderme, tanto nas raízes como no rizoma, entretanto, ela é identificada pelas características morfológicas. Nas raízes, inicialmente em regiões meristemáticas, a endoderme é reconhecida pela atividade meristemática. Em fases posteriores, a endoderme apresenta-se constituída por células alongadas no sentido radial, como acontece com espécies de *Actinocephalus* estudadas por Scatena *et al.* (2005). No rizoma de *A. trigynum*, a endoderme é reconhecida por apresentar características celulares distintas, como forma da célula e espessamento das paredes diferenciados das demais células corticais, conforme também observam os autores Eiten (1969), Estelita (1993), Chabbi *et al.* (2000), Rodrigues & Estelita (2002; 2009), Arruda & Neves (2005), Prata *et al.* (2007).

Nas espécies de monocotiledôneas, a endoderme pode apresentar quatro fases no desenvolvimento, iniciando com as estrias de Caspary, seguida pela deposição de lamela de suberina, espessamento de lignina e por fim deposição de compostos fenólicos, como observado por Rodrigues & Estelita (2004) em raízes de *Cyperus giganteus*. Nas raízes de *A. trigynum*, as células da endoderme permanecem com as paredes finas, ocorrendo espessamento nas paredes celulares das células corticais mais

internas, comum também nas raízes de *C. giganteus* (Rodrigues & Estelita 2004). No rizoma de *A. trigynum*, as paredes celulares da endoderme lignificam-se na maturidade e as paredes das células corticais internas também espessam-se e tem deposição de compostos fenólicos.

A hipoderme e o córtex interno, observado tanto nas raízes como nos rizomas de *A. trigynum*, são comuns em espécies de Cyperaceae (Rodrigues & Estelita 2002, 2004). Tanto no rizoma quanto nas raízes, no início do desenvolvimento, essas regiões mostram-se homogêneas, tornando-se distintas na maturidade. A hipoderme, no presente estudo, origina-se do meristema fundamental corroborando com os autores Esau (1977), Seago & Marsh (1989), Seago *et al.* (1999b). O número de camadas, o espessamento e a composição das células da hipoderme podem variar (Seago & Marsh 1989). Podem ocorrer estrias de Caspary na camada mais externa, sendo denominada de exoderme por autores como Van Fleet (1950). Na espécie em questão, não foi observada a presença de estrias de Caspary. Nas raízes, a camada mais externa da hipoderme apresentou conteúdo diferenciado em fases iniciais de diferenciação, semelhante ao conteúdo das células epidérmicas.

O córtex interno nas raízes de *A. trigynum* origina-se da endoderme meristemática. Esta camada é citada como camada precursora da endoderme por Williams (1947), Riopel & Steeves (1964), Seago & Marsh (1989), Seago *et al.* (1999a), Seago *et al.* (2000) e Rodrigues & Estelita (2004). De acordo com Williams (1947), ela origina todos os tecidos desde a endoderme até a hipoderme em arranjo radial, sendo a nomenclatura endoderme meristemática que melhor emprega sua função (Melo-de-Pinna & Menezes 2003).

Na maturidade, parte do córtex interno das raízes transforma-se em aerênquima esquisolisígeno, também observado por Rodrigues & Estelita (2004) em raízes de *Cyperus giganteus*. Os espaços intercelulares podem se formar por esquizogênese ou por lisogênese, sendo que neste último processo, os espaços são formados pela morte das células (Esau 1959). Neste trabalho, observamos que inicialmente ocorre a formação de espaços intercelulares esquizógenos. De acordo com Sifton (1945), os espaços esquizógenos formam-se a partir da separação da lamela média nos ângulos das células, por ocasião da divisão celular. O referido autor considera, também, que espaços inicialmente esquizógenos podem gerar grandes lacunas lisígenas, fato constatado na

raiz estudada, já que ao final da formação do aerênquima observam-se restos de paredes celulares indicando a lise das células.

Drew *et al.* (1979) e Jackson *et al.* (1985) analisando as raízes de milho e Kawase (1979) e Kawase & Whitmoyer (1980), raízes de girassol, concluíram que o aerênquima nessas raízes é formado pela ação do etileno que causa o colapso e em seguida a morte das células. Rodrigues & Estelita (2004) verificaram que nas raízes de *C. giganteus*, as células dispostas em fileiras radiais e com forma cúbica contribuíram para a formação do aerênquima, devido ao menor contato entre as células adjacentes levando a uma rápida separação celular. Estas autoras observaram que parte das células do córtex sofrem afastamento seguido de lise, caracterizando assim, aerênquima esquisolisígeno, como observado em *A. trigynum*.

De acordo com Esau (1977) e Mauseth (1988), o periciclo é a região mais externa do cilindro vascular, e pode ser constituído apenas de parênquima, conter esclerênquima ou elementos de protoxilema. Na espécie em estudo, o periciclo das raízes apresenta-se bisseriado, com células com paredes finas e, às vezes, aparece interrompido por elementos do protoxilema. Em outras espécies de Cyperaceae, como em *Cyperus giganteus* e em *C. papyrus* L., o periciclo das raízes é unisseriado (Rodrigues & Estelita 2004; Menezes *et al.* 2005, respectivamente), enquanto em *Hypolytrum schraderianum*, ele apresenta-se plurisseriado (Rodrigues 2004).

Os elementos vasculares do metaxilema das raízes de *A. trigynum* diferenciam-se precocemente em relação aos elementos do protoxilema, entretanto, a maturação do protoxilema ocorre primeiro, corroborando com autores como Esau (1943), Heimsch (1951), Riopel & Steeves (1964) e Rodrigues & Estelita (2004).

O MES ocorre em algumas espécies de monocotiledôneas, principalmente em espécies arbóreas e lenhosas pertencentes à ordem Asparagales (Rudall 1991). Rodrigues e Estelita (2002, 2009) observaram a presença do meristema de espessamento secundário (MES) em espécies de Cyperaceae. Nas espécies de Cyperaceae, o MES é o próprio periciclo que se diferenciou do MEP e que muda a atividade, ou seja, ao invés de formar feixes vasculares centripetamente, forma apenas um sistema vascular secundário, cujas células do xilema e do floema localizam-se na periferia do cilindro vascular (Rodrigues e Estelita 2002, 2009). No presente estudo não se observou a ocorrência do MES, apesar do rizoma de *A. trigynum* apresentar-se espessado.

No sistema subterrâneo de *A. trigynum*, foram encontrados substâncias ergáticas como ácido gálico e quercetina, esteróides como colesterol e taninos e flavonóides em maiores concentrações nas raízes. De acordo com Simões *et al.* (1999), os compostos fenólicos incluem metabólitos secundários como taninos, ligninas, alcalóides e terpenóides. Pesquisas atuais indicam que compostos como ácidos fenólicos, flavonóides, taninos e outros, apresentam potencial antioxidante (Nahar & Sarker 2005; Delazar *et al.* 2006; Adamowicz 2007; Andrade *et al.* 2007).

Taninos são ainda importantes por atuarem como agentes anticarcinogênicos, antiinflamatórios, cicatrizantes e como inibidores da transcriptase reversa do vírus HIV e na proteção do vegetal contra pragas, diminuindo a predação por tornar a planta impalatável, afastando seus predadores naturais (Monteiro *et al.* 2005). Os esteróis e triterpenos fazem parte de compostos que formam os óleos essenciais das plantas e desempenham atividades como inibidores da germinação, proteção contra predadores, na atração de polinizadores, na proteção contra perda de água e aumento da temperatura (Adamowicz 2007).

Os flavonóides são classificados como pigmentos polifenólicos diversificados que podem exercer diversas funções no vegetal (Zuanazzi 1999 *apud* Fank-de-Carvalho & Graciano-Ribeiro 2005) dentre elas proteção anti-UV. Para Harborne (1966 *apud* Fank-de-Carvalho & Graciano-Ribeiro 2005), a classe dos flavonóides parece estar mais presente em espécies arbóreas, enquanto as flavonas e flavanonas aparecem mais em espécies herbáceas.

Os resultados obtidos no referido trabalho revelam que o sistema subterrâneo de *A. trigynum* apresenta características anatômicas que podem ser consideradas constantes para espécies de Cyperaceae, como presença de meristema de espessamento primário no rizoma, endoderme meristemática e aerênquima esquisolisígeno nas raízes e hipoderme em ambos os órgãos. Sugere-se futuros estudos farmacológicos para identificação de possível atividade antioxidante dos compostos fenólicos encontrados.

Referências

- Adamowicz, R.A. 2007. **Estrutura, desenvolvimento, histoquímica e atividade antioxidante dos órgãos vegetativos de *Nymphaea amazonum* Mart & Zucc. (Nymphaeaceae) procedente do Pantanal/ MS, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Andrade, C.A.; Costa, C.K.; Borá, K.; Miguel, M.D.; Miguel, O.G. & Kerber, V.A. 2007. Determinação do conteúdo fenólico e avaliação da atividade antioxidante de

- Acacia podalyriifolia* A. Cunn. ex G. Don, Leguminosae-mimosoideae. **Revista Brasileira de Farmacognosia** **17**:231-235.
- Appezato-da-Glória, B. 2003. **Morfologia de Sistemas Subterrâneos**: histórico e evolução do conhecimento no Brasil. Ribeirão Preto: A.S. Pinto.
- Alonso, A.A. & Moraes-Dallaqua, M.A. 2004. Morfoanatomia do sistema caulinar de *Canna edulis* Kerr-Gawler (Cannaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **27**:229-239.
- Arruda, R.C.O. & Neves, L.J. 2005. Anatomia foliar de *Trilepis lhotzkiana* Ness e *Trilepis ciliatifolia* T. Koyama (Cyperaceae) Juss. **Acta Botanica Brasilica** **19**:889-897.
- Beckel, D.K. 1956. Cortical disintegration in the roots of *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. **The New Phytologist** **55**:183-190.
- Bukatsch, F. 1972. Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin. **Mikrokosmos** **6**:255.
- Clarck, L.H. & Harris, W.H. 1981. Observations on the root anatomy of rice (*Oryza sativa* L.). **American Journal of Botany** **68**:154-161.
- Chabbi, A.; McKee, K.L. & Mendelssohn, I.A. 2000. Fate of oxygen losses from *Typha domingensis* (Typhaceae) and *Cladium jamaicense* (Cyperaceae) and consequences for root metabolism. **American Journal of Botany** **87**:1081-1090.
- Cordazzo, C.V.; Paiva, J.B. & Seeliger, U. 2006. **Guia ilustrado**: plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica. Pelotas: USEB.
- Costa, C.S.B.; Seeliger, U. & Cordazzo, C.V. 1988. Dinâmica populacional e distribuição horizontal de *Androtrichum trigynum* (Spreng.) Pfeiffer (Cyperaceae) em brejos e dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia** **11**:813-842.
- Delazar, A.; Talischi, B.; Nazemiyeh, H.; Rezazadeh, H; Nahar, L. & Sarker, S.D. 2006. Chrozophorin: a new acylated flavone glucoside from *Chrozophora tinctoria* (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia** **16**:286-290.
- DeMason, D.A. 1979a. Histochemistry of the primary thickening meristem in the vegetative stem of *Allium cepa* L. **American Journal of Botany** **66**:347-350.
- DeMason, D.A. 1979b. Function and development of primary thickening meristem in the monocotyledon, *Allium cepa* L. **The Botanical Gazette** **140**:51-66.
- Dickison, W.C. 2000. **Integrative Plant Anatomy**. USA, Academic Press.
- Drew, M.C., Jackson, M.B. & Giffard, S. 1979. Ethylenepromoted adventitious rooting and development of cortical air spaces (aerenchyma) in roots may be adaptive responses to flooding in *Zea mays* L. **Planta** **147**:83-88.
- Drew, M.C.; He, C. & Morgan, P.W. 2000. Programmed cell death and aerenchyma formation in roots. **Trends in Plant Science** **5**:123-127.
- Eiten, L.T. 1969. The vegetative anatomy of *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult. **Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo** **4**:187-228.
- Esau, K. 1943. Ontogeny of the vascular bundle in *Zea mays*. **Hilgardia** **15**:327-368.
- Esau, K. 1959. **Anatomia vegetal**. Barcelona: Ediciones Omega S.A.
- Esau, K. 1977. **Anatomy of seed plants**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons.
- Estelita, M.E.M. 1993. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Remirea maritima* Aubl. (Cyperaceae). **Naturalia** **18**:123-134.
- Estelita, M.E.M. & Rodrigues, A.C. 2007. Subsídios estruturais à caracterização do sistema caulinar em Cyperaceae. **Revista Brasileira de Botânica** **30**:401-409.

- Fank-de-Carvalho, S.M. & Graciano-Ribeiro, D. 2005. Arquitetura, anatomia e histoquímica das folhas de *Gomphrena arborescens* L.f. (Amaranthaceae). **Acta Botanica Brasilica** **19**:377-390.
- Feder, N. & O'Brien, T.P. 1968. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany** **55**:123-142.
- Fisher, J.B. 1970. Development of the intercalary meristem of *Cyperus alternifolius*. **American Journal of Botany** **57**:691-703.
- Fisher, J.N. & Tomlinson, P.B. 1972. Morphological studies in *Cordyline* (Agavaceae). II. Vegetative morphology of *Cordyline terminalis*. **Journal of the Arnold Arboretum** **53**:113-127.
- Franklin, G.L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resin and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature** **3924**:51.
- Gifford, E.M. & Bayer, D.E. 1995. Development anatomy of *Cyperus esculentus* (yellow nutsedge). **International Journal of Plant Science** **156**:622-629.
- Govindarajulu, E. 1974. The systematic anatomy of south Indian Cyperaceae: *Cyperus* L. subgen. *Juncellus*, *Cyperus* subgen. *Mariscus* and *Lipocarpha* R. Br. **Botanical Journal of the Linnean Society** **68**:235-266.
- Heimsch, C. 1951. Development of vascular tissue in barley root. **American Journal of Botany** **38**:523-537.
- Heimsch, C. 1960. A new aspect of cortical development in roots. **American Journal of Botany** **47**:195-201.
- Jackson, M.B.; Fenning, T.M.; Drew, M.C. & Saker, L.R. 1985. Stimulation of ethylene production and gas-space (aerenchyma) formation in adventitious roots of *Zea mays* L. by small partial pressures of oxygen. **Planta** **165**:486-492.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York : McGraw-Will.
- Kadej, F. 1963. Interpretation of the pattern of the cell arrangement in the root apical meristem of *Cyperus gracilis* L. var. *alternifolius*. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** **32**: 295-301.
- Kawase, M. 1979. Role of cellulase in aerenchyma development in sunflower. **American Journal of Botany** **66**:183-190.
- Kawase, M. & Whitmoyer, R.E. 1980. Aerenchyma development waterlogged plants. **American Journal of Botany** **67**:18-22.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica, Rio de Janeiro: Ed. Universidade Rural.
- Krauss, B.H. 1948. Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr. I. Introduction, organography, the stem, and the lateral branch or axillary buds. **Botanical Gazette** **110**: 159-217.
- Kukkonen, I. 1967. Vegetative anatomy of *Uncinia* (Cyperaceae). **Annals of Botany** **31**:523-544.
- Martins, A.R. & Appezzato-da-Glória, B. 2006. Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Smilax polyantha* Griseb. (Smilacaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **29**:555-567.
- Mauseth, J.D. 1988. **Plant Anatomy**. USA, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
- Melo-de-Pinna, G.F.A. & Menezes, N.L. 2002. Vegetative organ anatomy of *Ianthopappus* Roque & D.J.N. Hind (Asteraceae-Mutisieae). **Revista Brasileira de Botânica** **25**:505-514.

- Melo-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**:1-10.
- Menezes, N.L.; Silva, D.C.; Arruda, R.C.O.; Melo-de-Pinna, G.F.; Cardoso, V.A.; Castro, N.M.; Scatena, V.L. & Scremin-Dias, E. 2005. Meristematic activity of the endodermis and the pericycle in the primary thickening in monocotyledons: considerations on the "PTM". **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **77**:259-274.
- Metcalf, C.R. 1971. **Anatomy of the monocotyledons**. Cyperaceae. London: Oxford, University Press.
- Milanez, C.R.D. & Moraes-Dallaqua, M.A. 2003. Ontogênese do sistema subterrâneo de *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **26**:415-427.
- Monteiro, J.M.; Albuquerque, U.P. & Araújo, E.L. 2005. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química nova** **28**:892-896.
- Nahar, L. & Sarker, S.D. 2005. Chenoalbuside: an antioxidant phenolic glycoside from the seeds of *Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae). **Revista Brasileira Farmacognosia** **15**:279-282.
- O'Brien, T.P.; Fedder, N. McCully, M. 1965. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **O Protoplasma** **59**:368-373.
- Prata, A.P.; Menezes, N.L.; Mazzoni-Viveiros, S.C.; Wanderley, M.G.L. & Thomas, W.W. 2007. Anatomia do escapo e rizoma de espécies brasileiras de *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **30**:245-256.
- Ridge, I. 1987. Ethylene and growth control in amphibious plants. p. 53-77. In R.M.M. Crawford. (ed.). **Plant life in aquatic and amphibious habitats**. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Riopel, J.L. & Steeves, T.A. 1964. Studies on the roots of *Musa acuminata* cv. Gros Michel. I. The anatomy and development of main roots. **Annals of Botany** **28**:475-490.
- Robe, W.E. & Griffiths, H. 1998. Adaptations for an amphibious life: changes in leaf morphology, growth rate, carbon and nitrogen investment, and reproduction during adjustment to emersion by the freshwater macrophyte *Littorella uniflora*. **The New Phytologist** **140**:9-23.
- Rodrigues, A.C. 2004. **Propagação vegetativa e anatomia do sistema subterrâneo em desenvolvimento de algumas Cyperaceae**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Rodrigues, A.C. & Estelita, M.E.M. 2002. Primary and secondary development of *Cyperus giganteus* Vahl rhizome (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **25**:251-258.
- Rodrigues, A.C. & Estelita, M.E.M. 2004. Anatomia da raiz de *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica** **27**:629-638.
- Rodrigues, A.C. & Estelita, M.E.M. 2009. Morfoanatomia of the Stem in some Cyperaceae. **Acta Botanica Brasilica** **23** (no prelo).
- Rudall, P. 1984. Taxonomic and evolutionary implications of rhizome structure and secondary thickening in Iridaceae. **Botanical Gazette** **145**:524-534.
- Rudall, P. 1991. Lateral meristems and stem thickening growth in monocotyledons. **The Botanical Review** **57**:150-163.
- Sajo, M.G. 1992. Organização vascular do caule em *Xyris* L. (Xyridaceae). **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **13**:49-66.

- Sass, J.E. 1951. **Botanical Microtechnique**. Iowa: The Iowa State College Press.
- Scatena, V.L.; Oriani, A. & Sano, P.T. 2005. Anatomia de raízes de *Actinocephalus* (Koern.) Sano (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica** **19**:835-841.
- Seago, J. L. & Marsh, L. C. 1989. Adventitious root development in *Typha glauca*, with emphasis on the cortex. **American Journal of Botany** **76**:909-923.
- Seago, J.L.; Marsh, L.C., Stevens, K.J., Souku, A; Votrubová, O. & Enstone, D.E. 2005. A re-examination of the root cortex in wetland flowering plants with respect to aerenchyma. **Annals of Botany** **96**:565-579.
- Seago, J.L.; Peterson, Carol A. & Enstone, Daryl E. 1999a. Cortical ontogeny in roots of the aquatic plant, *Hydrocharis morsus-ranae* L. **Canadian Journal of Botany** **77**:113-121.
- Seago, J.L.; Peterson, C.A.; Enstone, D.E.; Scholey, C.A. 1999b. Development of the endodermis and hypodermis of *Typha glauca* Godr. and *Typha angustifolia* L. roots. **Canadian Journal of Botany** **77**: 122-134.
- Seago, J. L.; Peterson, C. A. & Enstone, D. E. 2000. Cortical development in roots of the aquatic plant *Pontederia cordata* (Pontederiaceae). **American Journal of Botany** **87**:1116-1127.
- Sharma, O.P. & Mehra P.N. 1972. Systematic anatomy of *Fimbristylis* Vahl (Cyperaceae). **Botanical Gazette** **133**:87-95.
- Sifton, H. B. 1945. Air-space tissue in plants I. **Botanical Review** **11**: 108-143.
- Simões, C.M.O.; Schenkel, E.P.; Gosmann, G.; Mello, J.C.P.; Mentz, L.A. & Petrovick, P.R. 1999. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Florianópolis: Edições UFSC, Santa Catarina/SC.
- Tomlinson, P.B. 1969. **Commelinales-Zingiberales**. p.295-421. In C.R. Metcalfe (ed.). *Anatomy of the monocotyledons*. Clarendon Press, Oxford, v.3.
- Van Fleet, D.S. 1950. A comparison of histochemical and anatomical characteristics of the hypodermis with the endodermis in vascular plants. **American Journal of Botany** **37**:721-724.
- Van Fleet, D.S. 1961. Histochemistry and function of the endodermis. **The Botanical Review** **27**:165-220.
- Vilhalva, D.A.A. & Appezzato-da-Glória, B. 2006. Morfo-anatomia do sistema subterrâneo de *Calea verticillata* (Klatt) Pruski e *Isostigma megapotamicum* (Spreng.) Sherff – Asteraceae. **Revista Brasileira de Botânica** **29**:39-47.
- Williams, B.C. 1947. The structure of the meristematic root tip and origin of the primary tissues in the roots of vascular plants. **American Journal of Botany** **34**: 455-462.
- Wills, G.D. 1987. Description of purple and yellow nutsedge. **Weed Technology** **1**:2-9.
- Wills, G.D. & Briscoe, G.A. 1970. Anatomy of purple nutsedge. **Weed Science** **18**:631-635.
- Wills, G.D.; Hoagland, R.E. & Paul, R.N. 1980. Anatomy of Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). **Weed Science** **28**:432-437.

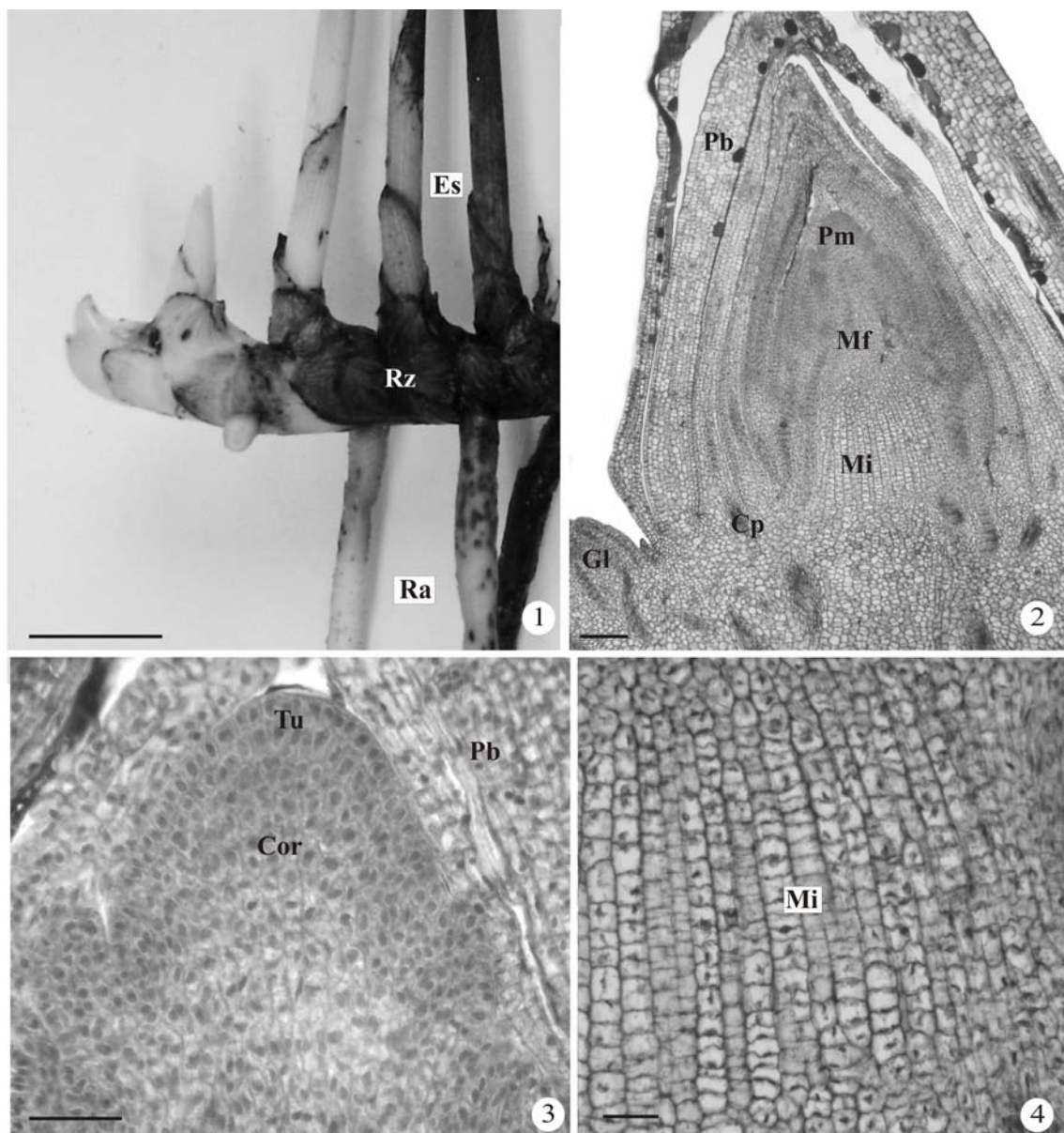
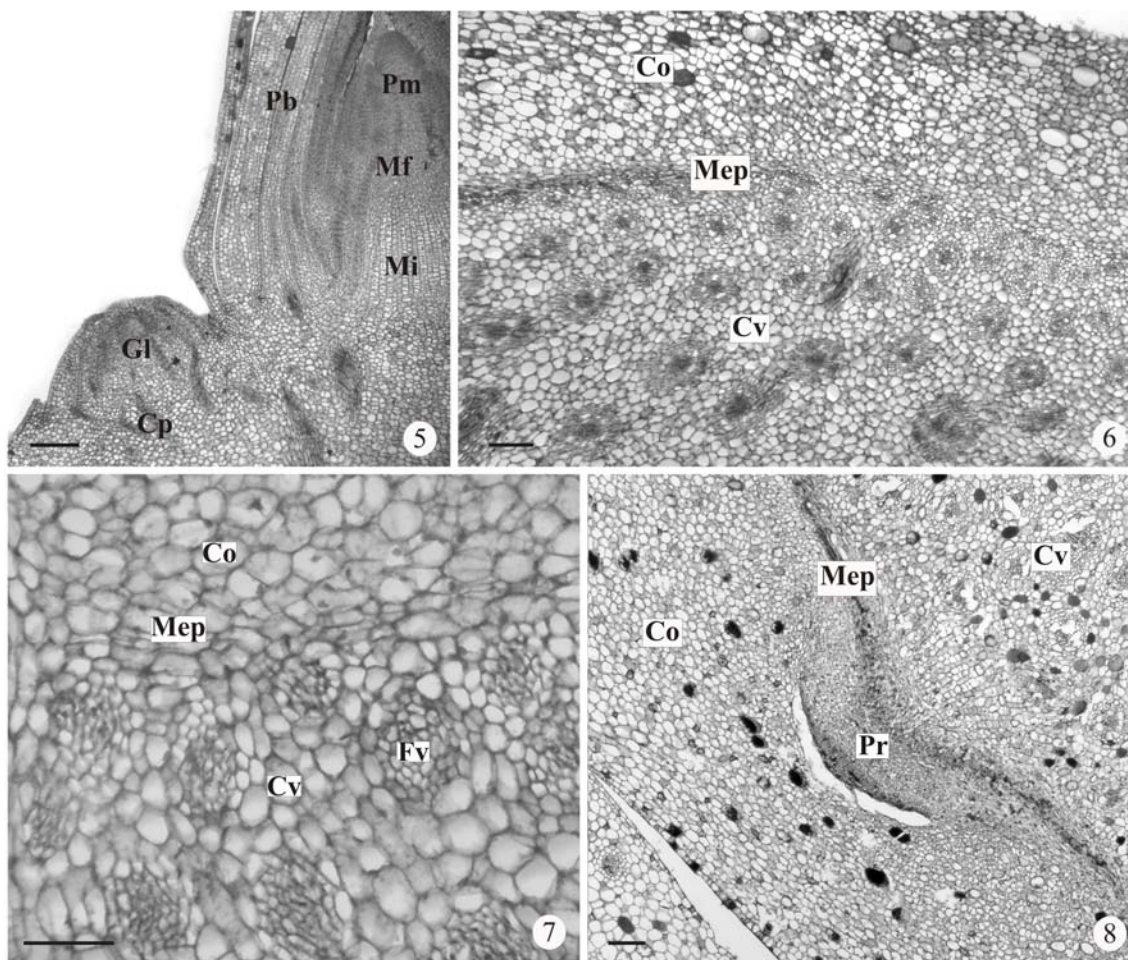
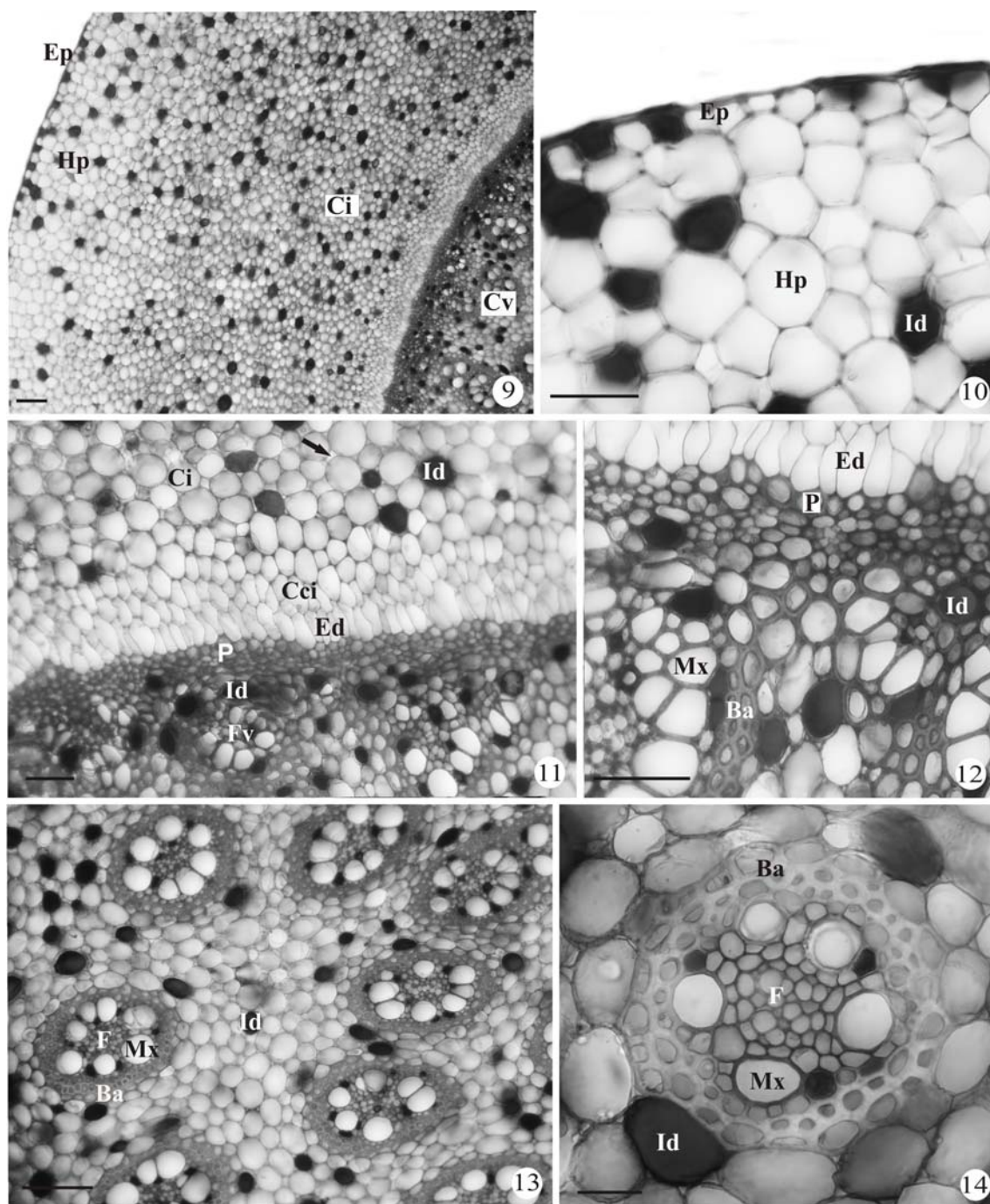


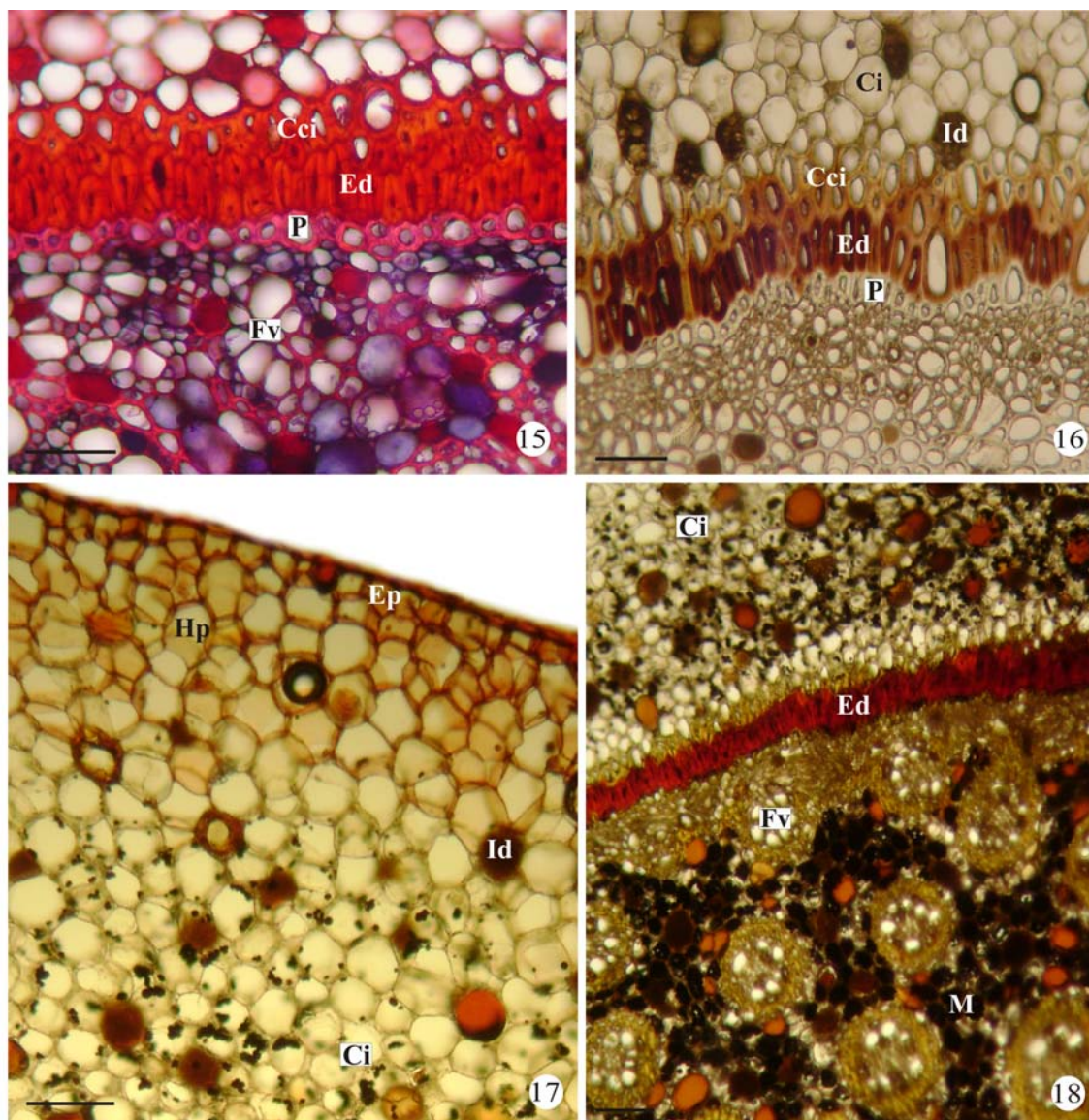
Figura 1-4. *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer **1.** Aspecto geral. **2-4.** Secções longitudinais do rizoma em desenvolvimento. **2.** Ápice caulinar. **3.** Detalhe da figura anterior evidenciando o promeristema. **4.** Detalhe do meristema intercalar. Legenda: Cor – corpo; Cp – cordão procambial; Es – escapo floral; Gl – gema lateral; Mf – meristema fundamental; Mi – meristema intercalar; Pb – primórdio de brácteas; Pm – promeristema; Ra – raíz adventícia; Rz – rizoma; Tu – túnica. Barra: 1: 5 cm; 2: 100 μ m; 3-4: 25 μ m.



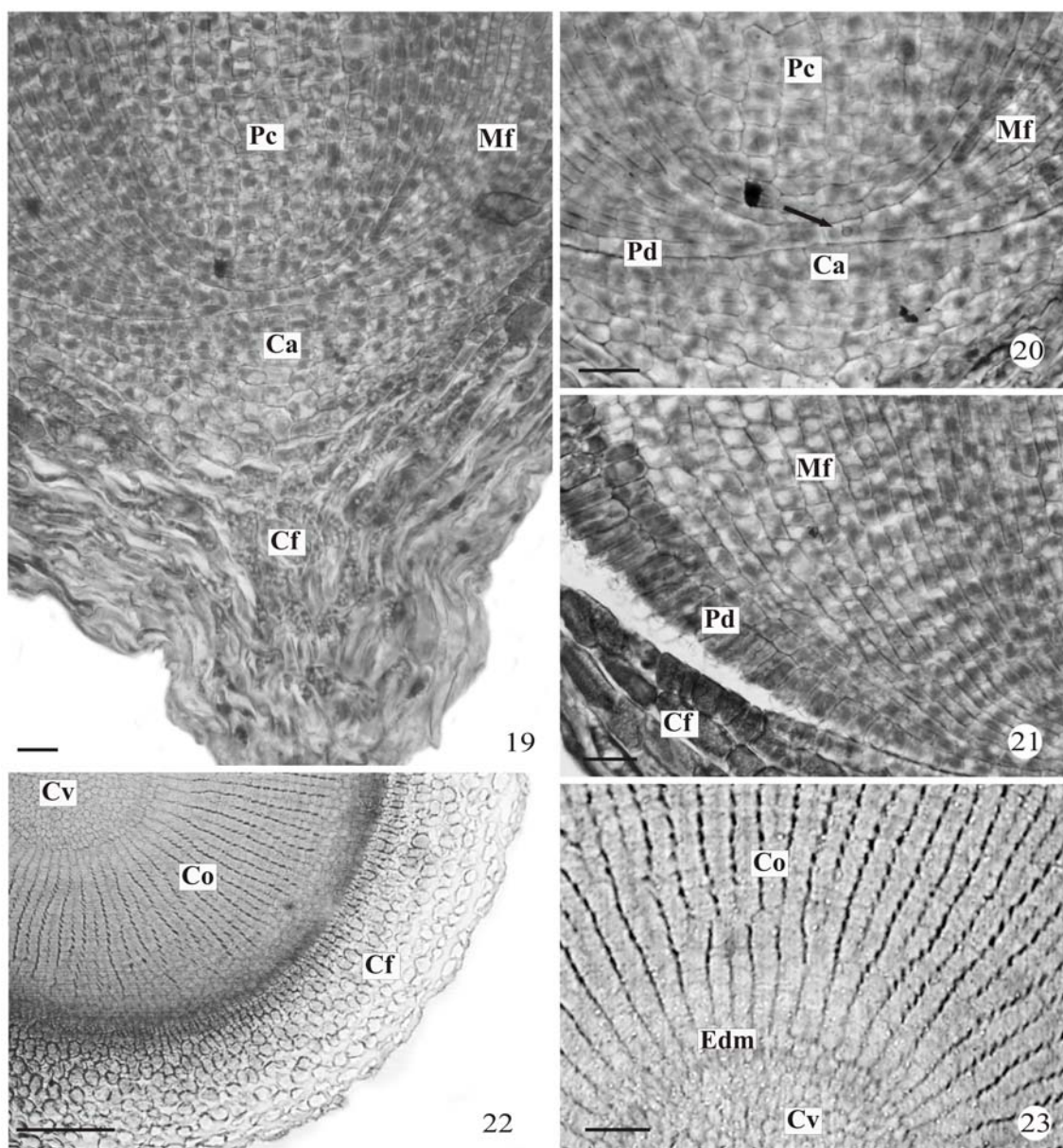
Figuras 5-8. Rizoma em desenvolvimento de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer. **5.** Secção longitudinal do ápice caulinar evidenciando gema lateral. **6-8.** Secções transversais. **6.** MEP disposto de forma circular entre o córtex e o cilindro vascular. **7.** Detalhe do MEP mostrando a formação de feixes vasculares centripetamente e células parenquimáticas centrifugamente. **8.** Formação do primórdio radicular a partir do MEP. Legenda: Co – córtex; Cp – cordão procambial; Cv – cilindro vascular; Gl – gema lateral ; Fv – feixe vascular; Mep – meristema de espessamento primário; Mf – meristema fundamental; Mi – meristema intercalar; Gl – gema lateral; Pb – primórdio de bráctea; Pm – promeristema; Pr – primórdio radicular. Barras: 100 μ m.



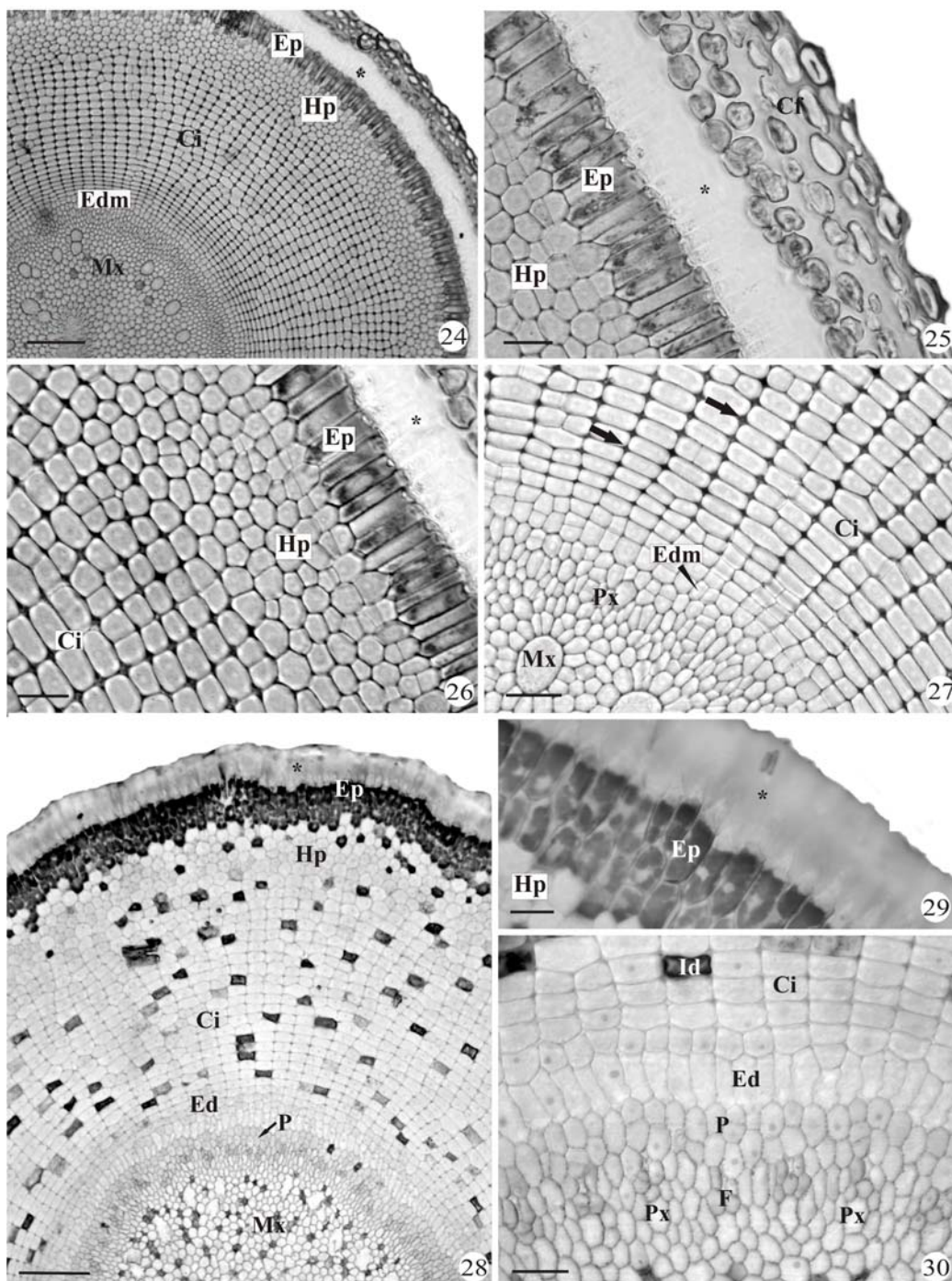
Figuras 9-14. Seções transversais do rizoma de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer em desenvolvimento. **9.** Observa-se a epiderme, hipoderme, córtex interno e cilindro vascular. **10.** Detalhe da figura anterior evidenciando a epiderme unisseriada e hipoderme. **11.** Diferenciação da endoderme e periciclo a partir do MEP. Observa-se também as células corticais internas isodiamétricas e com espaços intercelulares (seta) e as mais próximas ao cilindro vascular, diferenciadas das demais células corticais. **12.** Detalhe da figura anterior, evidenciando a endoderme, periciclo e feixes vasculares periféricos. **13.** Feixes anfigvais localizados em região central do cilindro vascular originados do procâmbio. **14.** Detalhe do feixe vascular anfigvail de origem procambial. Legenda: Ba – bainha de células espessadas; Cci – células internas do córtex interno; Ci – córtex interno; Cv – cilindro vascular; Ed – endoderme; Ep – epiderme; F – floema; Fv – feixe vascular; Hp – hipoderme; Id – idioblastos; Mx – metaxilema; P – periciclo. Barras: 9,13: 100 µm; 10-12, 14: 50 µm.



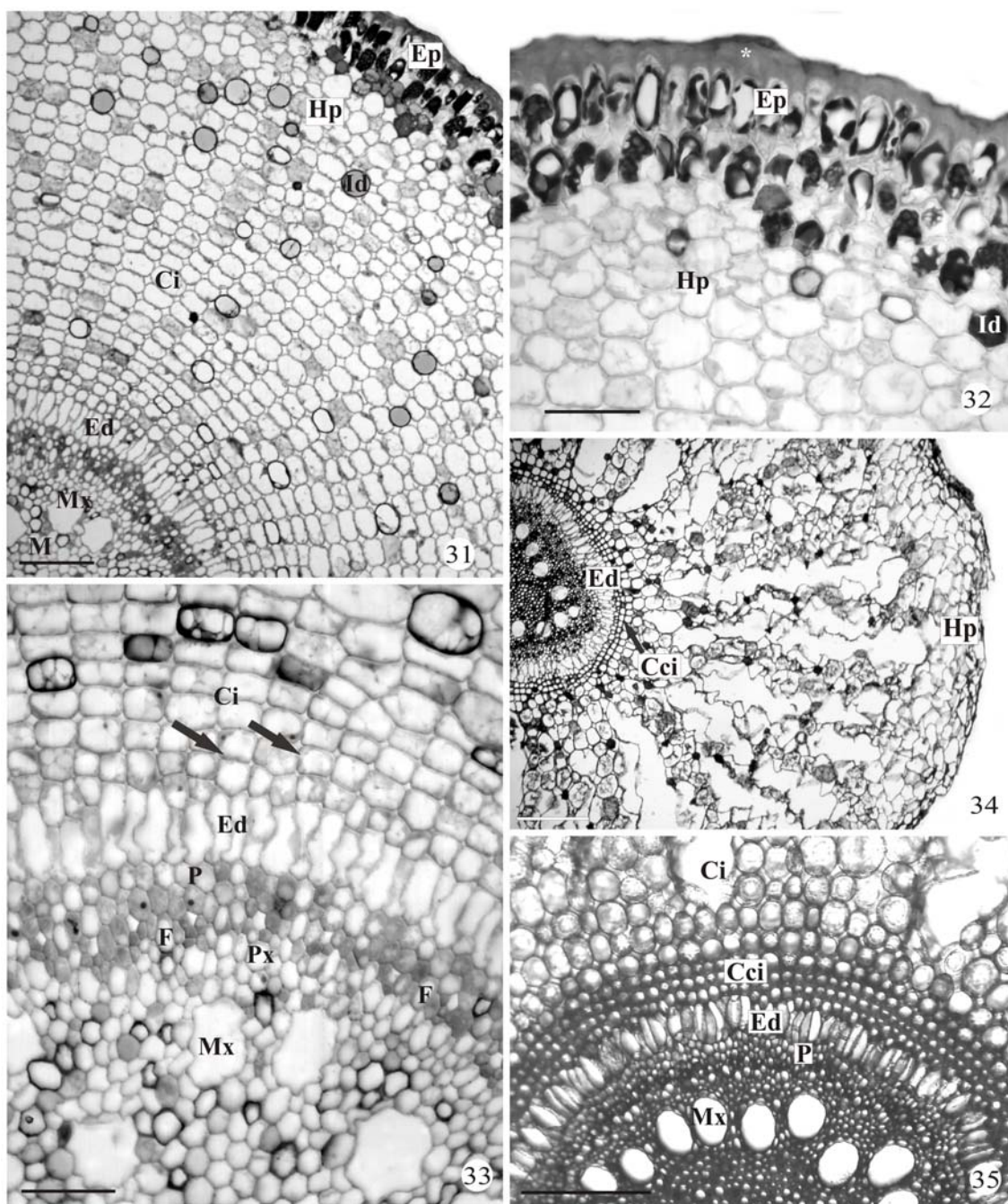
Figuras 15-18. Secções transversais do rizoma adulto de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer. **15.** Observam-se as paredes das células corticais mais internas espessadas, assim como a endoderme e o periciclo. **16.** Detalhe das células corticais internas e da endoderme com compostos fenólicos nas paredes. **17.** Região cortical evidenciando ausência de amido na hipoderme. **18.** Células parenquimáticas do córtex interno e do cilindro vascular com presença de grãos de amido. Legenda: Cci – células internas do córtex interno; Ci – córtex interno; Ed – endoderme; Ep – epiderme; Fv – feixe vascular; Hp – hipoderme; Id – idioblastos; M – medula; P – periciclo. Barras: 15-16: 50 µm; 17-18: 100 µm.



Figuras 19-23. Raiz de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer em desenvolvimento. **19-21.** Secções longitudinais do ápice radicular. **19.** Organização do ápice radicular. **20.** Detalhe mostrando a célula inicial (seta) comum ao meristema fundamental e a protoderme. **21.** Detalhe evidenciando o alongamento no sentido radial das células da protoderme. **22-23.** Secções transversais. **22-23.** Secções a 120 μm a partir do ápice radicular. **22.** Observa-se o cilindro vascular e região cortical em diferenciação. **23.** Detalhe da figura anterior evidenciando a atividade da endoderme meristemática formando células corticais. Legenda: Ca – caliptrogênio; Cf – coifa; Co – córtex; Cv – cilindro vascular; Edm – endoderme meristemática; Mf – meristema fundamental; Pc – procâmbio; Pd – protoderme. Barras: 19-21: 25 μm; 22: 100 μm; 23: 50 μm.



Figuras 24-30. Seções transversais do ápice radicular de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer em desenvolvimento **24-27**. Seções a aproximadamente a 280 µm do ápice. **24**. Vista geral, onde se observa coifa, epiderme, hipoderme, córtex interno e cilindro vascular. **25**. Detalhes da epiderme unisseriada com células papilosas alongadas no sentido radial, camada espessa de substância secretada pelas células epidérmicas (*) e 3 a 4 camadas de células da coifa. **26**. Nítida distinção entre hipoderme e córtex interno. **27**. Córtex interno sendo formado através de divisões periclinais da endoderme meristemática. Observa-se espaços intercelulares esquisógenos conspícuos (setas) e elementos vasculares em diferenciação no cilindro vascular. **28-30**. Fases posteriores do desenvolvimento. **28**. Vista geral, sem a presença da coifa. Nota-se grande quantidade de idioblastos com substâncias fenólicas. **29**. Detalhe das células epidérmicas e da camada mais externa da hipoderme com conteúdo mais denso. **30**. Detalhe da endoderme, periciclo plurisseriado, floema e protoxilema em diferenciação. Legenda: Cf – coifa; Ci – córtex interno; Edm – endoderme meristemática; Ed – endoderme; Ep – epiderme; F – floema; Hp – hipoderme; Id – idioblastos; Mx – metaxilema; P – periciclo; Px – protoxilema. Barras: 24, 28: 100 µm; 25-27, 29-30: 20 µm.



Figuras 31-35: Seções transversais da raiz de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer. **31-34:** Raiz em desenvolvimento. **35:** Raiz adulta. **31.** Vista geral onde se observam epiderme, hipoderme, córtex interno, endoderme e cilindro vascular com elementos do metaxilema. **32.** Detalhe da epiderme com camada de substância delgada e hipoderme. **33.** Detalhe da região mais interna do córtex cujas células estão começando a espessar suas paredes (setas). Observa-se, além disso, a endoderme, periciclo plurisseriado e elementos vasculares diferenciados no cilindro vascular. **34.** Estágio posterior de desenvolvimento, mostrando aerênquima esquisolisígeno diferenciado no córtex interno. Células corticais mais internas com paredes espessadas, endoderme com células alongadas e paredes finas e no cilindro vascular elementos do metaxilema diferenciado. **35.** Detalhe das células corticais internas espessadas, endoderme com células alongadas e de paredes finas, periciclo plurisseriado e elementos vasculares. Observa-se ainda idioblastos. Legenda: Cci – células mais internas do córtex interno; Ci – córtex interno; Ed – endoderme; Ep – epiderme; Hp – hipoderme; F – floema; Id – idioblastos com substâncias fenólicas; M – medula; Mx – metaxilema; Px – protoxilema. Barras: 31, 34-35: 100 µm; 32: 50 µm; 33: 20 µm.

Capítulo II

Efeito do alagamento em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer
(Cyperaceae): um estudo de caso em restinga de Santa Catarina

Efeito do alagamento em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae): um estudo de caso em restinga de Santa Catarina

RESUMO – (Efeito do alagamento em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer (Cyperaceae): um estudo de caso em Santa Catarina). *Androtrichum trigynum*, popularmente conhecido como junco-da-praia, tem sua distribuição geográfica restrita a costa sudoeste atlântica. É uma planta psamófila abundante nas dunas estabelecidas em áreas secas e úmidas. Neste trabalho foram investigadas características morfoanatômicas de *A. trigynum* em diferentes ambientes da restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição em Florianópolis, caracterizadas por dunas semifixas (DS) e baixadas úmidas (BU). Para este estudo foram confeccionadas lâminas permanentes e semipermanentes do rizoma, raízes adventícias e escapos florais adultos, seguindo-se procedimentos usuais em anatomia vegetal. Foram analisadas as seguintes características: diâmetro das raízes e rizoma; comprimento, diâmetro e área dos escapos florais; comprimento e diâmetro dos elementos de vaso das raízes, rizomas e escapos florais; grau de esclerofilia, densidade estomática, distância entre estômatos, comprimento total e parcial das células-guarda e largura das células-guarda e espessura da cutícula e parede periclinal externa da epiderme do escapo floral. As médias foram comparadas por teste t de Student e estatística descritiva com o auxílio do programa Excel e BioEstat 5,0, porcentagens de similaridade e Análise de Similaridade foram usadas para contrastar a procedência e período de coleta e MDS foi empregado para mostrar a distribuição espacial das amostras. De maneira geral, os resultados indicam que a espécie apresentou maiores taxas de crescimento durante o verão, ou seja, no período mais úmido, mostrando-se adaptada ao ciclo hidrológico de alagamentos e drenagens das baixadas úmidas, ao resistir ao alagamento. Através do MDS, foi observada certa tendência à separação das características anatômicas em quatro grupos (BU inverno e verão e DS inverno e verão). *Androtrichum* apresentou características xeromorfas, embora elas ocorram em indivíduos de ambientes úmidos, provavelmente em consequência de pseudo xeromorfismo ou escleromorfismo oligotrófico, causado principalmente por falta de nutrientes no solo.

Palavras-chave: junco-da-praia, anatomia, ecologia, planta anfíbia.

Introdução

As restingas recobrem cerca de 79% da costa brasileira, estendendo-se do Pará ao Rio Grande do Sul (Lacerda *et al.* 1993). De acordo com o Decreto Federal 750/93 a restinga está situada no bioma Mata Atlântica compreendendo um complexo vegetacional característico e pioneiro, variando desde plantas herbáceas até arbustivas e arbóreas (Waechter 1985). Falkenberg (1999) comenta que o termo restinga vem sendo cada vez mais utilizado no sentido de ecossistema, incluindo não só as comunidades de plantas, mas também as de animais e o ambiente físico em que vivem. Esse autor define a restinga brasileira como um conjunto de ecossistemas costeiros, com comunidades

floristicamente e fisionomicamente distintas, as quais colonizam terrenos arenosos de origens muito variadas, formam um complexo vegetacional edáfico e ocupam locais tão diversos como praias, dunas e depressões associadas, cordões arenosos, terraços e planícies.

O ecossistema de dunas costeiras também apresenta-se como um ambiente altamente estressante onde há grande movimentação de areia pelo vento, o que causa erosão e deposição, influenciando, ainda, o teor da umidade no solo, redução da difusão de oxigênio no solo e da área foliar fotossinteticamente ativa pelo acúmulo dessa areia; alta salinidade, devido à maresia, através do sal absorvido dos grãos de areia provenientes da praia e das inundações de água salgada; e deficiência de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (Cordazzo *et al.* 2006). De acordo com Hesp (1991), para sobreviver neste ambiente, as plantas contam com adaptações, tais como capacidade de armazenamento de água (suculência), resistência à salinidade, mecanismo fotossintético C4 e CAM e presença de rizomas ou estolões. A ocorrência de folhas brilhantes, reduzidas, muitas vezes pilosas e revestidas por uma camada de cera, são mecanismos de economia de água e reflexão da luz solar (Bresolin 1979; Hesp 1991). Hesp (1991) cita, ainda, que a perda de folhas, depósitos de ceras epicuticulares, esclerofilia e acumulação de solutos são características relacionadas à ambientes secos e com alta luminosidade e temperatura. De acordo com Dickison (2000), plantas que ocorrem em ambientes com as condições acima citadas são conhecidas como xerófitas, apresentando caracteres xeromorfos.

As formações vegetais das zonas costeiras sofrem influência da variação do nível do lençol freático, podendo estar inundadas permanentemente ou temporariamente, de acordo com o regime de chuvas e as características topográficas do terreno (Cordazzo *et al.* 2006). As áreas mais baixas (depressões) acumulam água devido às chuvas de verão e permanecem alagadas durante a estação, sendo que o nível de água varia dependendo das precipitações (Guimarães 2006). Existe, então, um padrão oscilatório natural das águas, no qual se alternam períodos de seca (inverno) e períodos de alagamento (verão) quando ocorrem grandes chuvas.

Segundo Cordazzo *et al.* (2006), os brejos e as depressões periodicamente alagadas constituem os habitats de maior complexidade ambiental e diversidade biológica das restingas. Acredita-se que as plantas adaptadas a habitats com disponibilidades hídricas distintas podem estar associadas à presença de características

estruturais diferentes (Esau 1977). Tais variações morfológicas e estruturais resultam em estratégias adaptativas que favorecem a ocupação das espécies em meios distintos. Plantas que transitam do ambiente aquático para o terrestre são consideradas anfíbias, de acordo com Ridge (1987) e Robe & Griffiths (1998).

Existem grandes lacunas no conhecimento da flora ocorrente neste ecossistema (Araújo 1987). Entretanto tem despertado grande interesse científico, por abrigar espécies endêmicas e pelo papel desempenhado na preservação da morfologia costeira (Cordazzo & Seeliger 2003; Cordeiro 2005). Os principais estudos botânicos em restingas brasileiras restringem-se a dados florísticos e fitossociológicos, onde as famílias mais representativas são Asteraceae, Poaceae e Cyperaceae (Cordazzo *et al.* 2006; Guimarães 2006), entretanto, estudos anatômicos e ecofisiológicos são escassos.

Entre as pesquisas que abordam estratégias adaptativas, pode-se citar diversos autores. Flowers *et al.* (1977) trata dos aspectos fisiológicos das plantas referente à resistência à salinidade. Flowers *et al.* (1985) estudaram o efeito do estresse salino através de aspectos ultraestruturais em duas variedades de arroz. Fahn & Cutler (1992) citam aspectos morfológicos gerais de adaptações em ambiente xerofítico. Marcum & Murdoch (1992) determinaram respostas fisiológicas e de crescimento de *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth, para elucidar mecanismos de tolerância de salinidade. Estelita (1993) descreve características anatômicas de *Remirea maritima* Aubl., com ênfase nos aspectos morfológicos de adaptação a ambientes salinos. Chabbi *et al.* (2000) estudaram a anatomia, a taxa ou padrão de perda de oxigênio e a habilidade relativa para manter a aeração interna de raízes de *Typha* e *Cladium*, quando crescidas em meio anaeróbico ou deficiente em oxigênio. Martins *et al.* (2008) descrevem a anatomia e a ultraestrutura de folhas de *Cyperus maritimus* Poir., visando identificar possíveis indícios de adaptações ao ecossistema costeiro que possam oferecer resistência aos estresses ambientais impostos pelo ambiente de dunas litorâneas. Arioli *et al.* (2008) investigaram a morfoanatomia foliar de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan objetivando compreender a adaptação às peculiaridades do hábitat reofítico.

O efeito da sazonalidade tem sido estudado para a época de floração, produção e queda de folhas (Battey 2000; Marques *et al.* 2004), mas é pouco abordado para a anatomia foliar. Pode-se supor um efeito indireto através da variação da intensidade luminosa e do déficit hídrico (Justo *et al.* 2005).

Androtrichum trigynum (Spr.) Pfeiffer, popularmente conhecido como junco-da-praia, é um gênero monotípico de Cyperaceae, tem sua distribuição geográfica restrita a costa sudoeste atlântica, ocorrendo da Argentina até a região Sul do Brasil (Costa *et al.* 1988). É uma planta psamófila, abundante em áreas secas e úmidas, característico das dunas estabilizadas influenciadas pelo lençol freático e dominante nas depressões periodicamente alagadas de água doce (Cordazzo *et al.* 2006). Plantas com estas características são considerada anfíbia (Ridge 1987; Robe & Griffiths 1998). Segundo Weaver & Clements (1929), espécies que toleram o dessecamento do solo nos períodos mais secos ou quando ocorrem em áreas mais livres de inundação, são mesófitas, ajustando-se às condições extremamente diferentes. De acordo com Bona & Morretes (2003), a facilidade com que essas plantas se adaptam a meios tão distintos e as estratégias por elas utilizadas são de fato curiosas e pouco exploradas. Atualmente, há um interesse em conhecer a anatomia de espécies anfíbias porque estas, muitas vezes, sofrem grandes variações morfológicas e estruturais entre os indivíduos de solo inundado e não inundado, o que pode dificultar sua identificação (Bona & Morretes 2003).

Os estudos da estrutura anatômica do escapo floral têm recebido menos atenção do que a estrutura anatômica da folha. A morfoanatomia das folhas e escapos florais tem sido utilizada com fins taxonômicos e em diferentes níveis hierárquicos (Scatena *et al.* 1998). Entre os trabalhos anatômicos com escapos de espécies de monocotiledôneas, podemos citar Scatena *et al.* (1998) que caracterizaram 17 espécies de *Paepalanthus* subgênero *Platycaulon*; Scatena *et al.* (2004) que relacionam algumas características anatômicas de 24 espécies de *Syngonanthus* sect. *Eulepis* (Bong. ex Koern.) com a taxonomia do grupo; Oriani *et al.* (2005) estudaram escapos de 20 espécies de *Actinocephalus* (Koern.) Sano visando caracterizar anatomicamente o novo gênero proposto e elucidar alguns aspectos ecológicos do grupo; Prata *et al.* (2007) que estudaram espécies brasileiras de *Bulbostylis*, definindo o tipo de estelo. Estudos com *Androtrichum trigynum* são raros, sendo conhecidas apenas contribuições de cunho ecológico, como os de Costa *et al.* (1988) que analisaram os mecanismos que controlam a distribuição espacial e sazonal da densidade populacional da espécie; ou a espécie é citada em trabalhos de levantamento florístico, como em Cordazzo *et al.* (2006) e Guimarães (2006).

O presente trabalho tem como objetivo analisar através da anatomia quantitativa, as populações de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer ocorrente em ambiente alagado e não alagado da restinga, identificando possíveis variações morfológicas relacionadas aos referidos ambientes.

Material e Métodos

Material - Espécimes de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer foram coletados na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, município de Florianópolis (SC), entre as latitudes 27° 36' S - 27° 38' S e longitudes 48° 26' W - 48° 27' W (CECCA 1997). As temperaturas no parque durante o inverno variam, em média, entre 18°C e 15°C e durante o verão entre 26°C e 24°C, podendo chegar a mais de 30°C durante o dia. As precipitações são bem distribuídas durante todo o ano (média de 1.521 mm) e seu ritmo é regulado pelas frentes polares (CECCA 1996). A umidade relativa do ar apresenta média anual elevada (82%), devido à posição geográfica e pelo caráter úmido da massa Tropical Atlântica (Herrmann 1989). Dentro do parque não há córregos ou rios, mas nos períodos de chuvas, podem-se formar pequenos banhados e lagos (Beltrame *et al.* 2006) permitindo o desenvolvimento de plantas aquáticas (Waechter 1985).

Métodos – As coletas ocorreram em julho/2007 (inverno) e em março/2008 (verão) em três pontos denominados ponto 1 (27° 38,207' S 48° 27,691' W), ponto 2 (27° 38,103' S 48° 27,674' W), e ponto 3 (27° 38,111' S 48° 27,598' W), cada um contemplando uma duna semifixa (que não sofre alagamento durante o ano) e uma baixada úmida (que sofre alagamento durante o verão), desta forma os pontos foram tratados com réplicas. Os locais de coleta foram referenciados utilizando GPS Garmin, modelo GPS 72. Foram coletados dados de temperatura do solo utilizando-se termômetro de mercúrio. Dados de temperatura atmosférica máxima e mínima absoluta e a precipitação pluviométrica total foram fornecidos pela Epagri/Ciram. Amostras de solo foram coletadas para verificação do teor de umidade do solo, seguindo Tedesco *et al.* (1995).

Foram coletados 6 indivíduos em cada ponto, 3 indivíduos nas dunas semifixas e 3 nas baixadas úmidas. Amostras da raiz bem desenvolvida (a 1 cm do rizoma), rizoma (de 2 a 3 cm do ápice) e escapo floral (terço médio) foram fixadas em FAA em etanol 70% (Johansen 1940) ou glutaraldeído 2,5% em tampão fosfato de sódio 0,1M, pH 7,2 (Feder & O'Brien 1968) por 48 horas e posteriormente conservados em etanol 70%.

Foram analisadas as seguintes características anatômicas: diâmetro das raízes e rizoma; comprimento, diâmetro e área dos escapos florais; comprimento e diâmetro dos elementos de vaso que apresentassem parede escalariforme das raízes, rizomas e escapos florais; grau de esclerofilia, densidade estomática, distância entre estômatos, comprimento total e parcial das células guarda e largura das células-guarda e espessura da cutícula e parede periclinal externa da epiderme do escapo floral. Para estas análises, foi determinado o número mínimo amostral de cada através da fórmula: $n=(t^2 \cdot s^2)/d^2$, onde “t” é dado pela tabela de Student, considerando “n-1” para significância 0,05; “s” é o desvio padrão, e “d” é igual a E/100.média (E=10 para 10% de confiabilidade, valor considerado satisfatório) (Sokal & Rohlf 1969).

O diâmetro das raízes, rizomas e comprimento e diâmetro dos escapos florais foram mensurados através de paquímetro Vonder. A área média dos escapos florais foi determinada utilizando a fórmula $A_t = 2\pi r(h+r)$, onde A_t é a área total; π é uma constante equivalente a 3,14; r é o raio e h, a altura. Para determinar o grau de esclerofilia foi calculada a razão entre a massa seca pela área total, conforme Müller-Stoll (1947-48, *apud* Camerik & Werger 1981) com auxílio de fita métrica, paquímetro e balança de precisão GEHAKA BG 1000.

A densidade estomática, a distância entre estômatos, largura das células-guarda (eixo transversal, na porção média da célula) e comprimento das células-guarda (eixo longitudinal total e entre os dois pólos das células), a espessura da cutícula e parede periclinal externa da epiderme do escapo foram feitas em microscópio óptico (MO), utilizando-se lâminas semipermanentes confeccionadas a partir de secções à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear, coradas com azul de astra e safranina (Bukatsch 1972) e Sudan IV (Jensen 1962) e montadas entre lâmina e lamínula, em gelatina glicerinada (Kaiser 1880, *apud* Kraus & Arduin 1997). As imagens foram projetadas, com auxílio de câmara clara acoplada ao MO Zeiss-Jena Loboal 4, sobre área delimitada e aferida com escala micrométrica.

Para as medidas do comprimento e diâmetro dos elementos de vaso que apresentaram parede escalariforme foram maceradas porções das raízes, rizoma (região mais interna do cilindro vascular) e escapo floral através das análises do material macerado, utilizando-se solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético (1:1), de acordo com Franklin (1945), e corado com safranina 1% e montado em lâmina semipermanente. As imagens foram projetadas sobre folha de papel com auxílio de

câmara clara acoplada ao MO Zeiss-Jena Loboval 4. As dimensões foram determinadas com régua milimetrada e aferidas com escala micrometrada.

Testes histoquímicos foram realizados, em material fixado, utilizando-se solução de Lugol para amido (Johansen 1940), Sudan III para substâncias lipofílicas (Sass 1951), cloreto férrico para substâncias fenólicas (Johansen 1940) e floroglucinol acidificado para a lignina (Johansen 1940).

As fotomicrografias foram realizadas em microscópio Leica MPS 30 DMLS com captura de imagens com câmera digital Sony Cyber-Shot 5.1.

Para a observação e documentação das células epidérmicas, ceras epicuticulares e estômatos do escapo floral foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura (MEV), marca Phillips, modelo XL30. Amostras fixadas em glutaraldeído 2,5%, em tampão fosfato de sódio 0,1M, em pH 7,2, por três horas, lavadas por três vezes, em tampão fosfato de sódio, e desidratadas em série etílica gradual, foram imersas em hexametildesilane (HMDS), por trinta minutos. Hexametildesilane foi utilizado como meio substitutivo de ponto crítico de CO₂ que, pelo processo de sublimação, reduz a tensão superficial e evita o colapso das estruturas (Bozzola & Russel 1991). Posteriormente, as amostras secas foram aderidas, sobre suportes de alumínio, com auxílio de fita de carbono dupla face e cobertas com 20 nm de ouro em metalizador marca Baltec, modelo CED030.

Os dados foram analisados e comparados através do teste t de Student e estatística descritiva com o auxílio do programa Excel e BioEstat 5,0 (Ayres *et al.* 2007). As porcentagens de similaridade (SIMPER) e a Análise de Similaridade (ANOSIM) foram usadas para contrastar a procedência (baixadas úmidas e dunas semifixas) e período de coleta (inverno e verão). MDS (Multi Dimensional Scaling) foi empregado para mostrar a distribuição espacial das amostras (Clarke e Warwick 1994).

Resultados

Caracterização ambiental – As baixadas úmidas e dunas semifixas são locais que ficam constantemente expostos à irradiação solar. A baixada úmida pode variar em até 1,5 m de profundidade em relação às dunas semifixas. Dados com relação à caracterização ambiental podem ser observados na Tabela 1. No verão, devido ao regime das chuvas, nas baixadas úmidas a água fica acumulada formando lagos temporários. No inverno, a água dos lagos seca e a umidade diminui.

Morfologia – *Androtrichum trigynum* apresenta o sistema subterrâneo constituído por rizomas e raízes adventícias (Fig. 1). O rizoma é espessado, plagiotrópico e simpodial. Os entrenós são reduzidos e cobertos por catafilos de coloração marrom; nas axilas destes surgem as gemas laterais. As raízes surgem dos entrenós do rizoma se ramificam até segunda ordem. Quando jovens apresentam coloração clara e quando mais velhas têm coloração castanho escuro. Do rizoma partem, também, os escapos florais (Fig. 1), cilíndricos, eretos, fotossintetizantes, com base esbranquiçada coberta por catafilos de coloração castanho-avermelhada a parda. Suas folhas são reduzidas a bainhas e se localizam na base do escapo. No período de floração, cada escapo dá origem a uma inflorescência apical aglomerada em capítulos.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados referentes às análises quantitativa dos aspectos morfológicos da espécie em estudo. As análises mostram que durante o inverno o diâmetro do rizoma, o comprimento do escapo, a área do escapo e o grau de esclerofilia são maiores e com diferenças significativas nos indivíduos das baixadas úmidas (BU) quando comparados com os indivíduos das dunas semifixas (DS). Durante o verão, apenas o comprimento e área do escapo são maiores e com diferença significativa nos indivíduos das DS do que nos indivíduos das BU.

Nas BU observa-se que no verão os indivíduos apresentam maiores valores no diâmetro, comprimento, área e grau de esclerofilia do escapo do que os indivíduos coletados durante o inverno. Nas DS observa-se variação significativa em todos os parâmetros analisados durante o verão e inverno. Sendo que os indivíduos coletados no verão apresentam os maiores valores.

Anatomia: O escapo floral, em secção transversal, apresenta contorno circular (Fig. 2). A epiderme é unisseriada, cujas paredes celulares periclinais externas são espessadas e revestidas por uma cutícula evidente (Fig. 3-4). No verão a parede periclinal externa apresenta-se mais espessada em ambos os ambientes, quando comparados com os indivíduos do mesmo ambiente no inverno (Tab. 3). Os indivíduos da BU apresentam cutícula mais espessada durante o inverno, quando comparados com os indivíduos da DS no mesmo período e também quando comparados com os indivíduos do mesmo ambiente, coletados no verão (Tab. 3). Entretanto, a espessura total (parede celular + cutícula) não varia nos indivíduos analisados (Tab. 3).

Em vista frontal, são observadas duas zonas, sendo uma delas sulcada (Fig. 5). As zonas sulcadas são levemente afundadas em relação as não sulcadas, nelas estão

localizados os estômatos (Fig. 5-7). Nas regiões não sulcadas, as células epidérmicas são levemente alongadas no sentido longitudinal (Fig. 7). Os estômatos estão dispostos longitudinalmente em fileiras (Fig. 7) e são do tipo gramíneo (Fig. 8). As células subsidiárias são maiores que as células-guarda, e estas últimas correspondem apenas à estreita faixa mais densa entre o poro estomático e as células subsidiárias, conhecidas também como células em bastonetes (Fig. 8). Em secção transversal observa-se a câmara subestomática (Fig. 4). Os indivíduos da BU apresentam maior densidade estomática com variação significativa, durante o inverno em comparação com os indivíduos coletados no verão do mesmo local. As demais comparações não foram significativas (Tab. 3). A distância entre os estômatos e o comprimento total das células-guarda variou significativamente apenas entre os indivíduos coletados na DS, onde os coletados no inverno apresentaram maior distância estomática e menor tamanho dos estômatos (Tab. 3). O comprimento das células-guarda sem os pólos, ou seja, a região do ostíolo, assim como a largura das células-guarda, não variou significativamente entre os indivíduos analisados (Tab. 3).

Cordões de fibras equidistantes entre si ocorrem logo abaixo da epiderme na região não sulcada (Fig. 2, 3, 9). Estes cordões são formados por células de paredes espessas e lignificadas. Intercalado com os cordões de esclerênquima ocorre o parênquima clorofiliano, constituído por parênquima paliçádico, com células justapostas, sem espaços intercelulares (Fig. 2, 9). À medida que se afastam da periferia, as células parenquimáticas assumem forma arredondada, aumentam os espaços intercelulares (Fig. 9) e tornam-se aclorofiladas.

O sistema vascular é constituído por feixes vasculares de três calibres distintos. (Fig. 2). Os feixes vasculares de menor calibre ocorrem na periferia do órgão, imersos no parênquima paliçádico (Fig. 2, cabeça de seta; 10), os de calibres medianos ocorrem entre o parênquima clorofiliano e o de preenchimento (Fig. 2, seta branca; 10) e os de maiores calibres ocorrem próximo à medula (Fig. 2, seta preta). Os feixes vasculares periféricos são mais arredondados e apresentam a endoderme com grãos de amido contornando todo o feixe (Fig. 11-12). Os de maiores calibres perdem a forma arredondada e se tornam elípticos, e a endoderme destes feixes é incompleta sendo evidenciada, pela presença de grãos de amido, apenas na região do floema (Fig. 11, 13). Todos os feixes vasculares são colaterais com dois grandes elementos de vaso do metaxilema (Fig. 10-13) e apresentam endoderme, o periciclo unisseriado e

parenquimático nos feixes de menor calibre e bainha pluricelular de células espessadas nos feixes de maior calibre (Fig. 10-13).

No rizoma, o sistema vascular, em secção transversal, está constituído de feixes vasculares originados do procâmbio e do meristema de espessamento primário (MEP) (Fig. 14). Os feixes são anfigvasais e apresentam uma bainha de células com paredes espessadas (Fig. 15). As raízes apresentam o sistema vascular poliarco, cujos elementos do xilema intercalam-se com os elementos do floema. Em secção transversal, observa-se que os elementos do metaxilema se dispõem de forma circular e não ocupam a posição central (Fig. 16). A análise do material dissociado indica que os elementos vasculares do metaxilema tanto da raiz, rizoma e escapo são alongados com espessamento escalariforme e placa de perfuração simples, situadas nas paredes terminais, e não possuem apêndices (Fig. 17-18).

No inverno, o diâmetro dos elementos de vaso das raízes, do escapo e o comprimento destes nos escapos são maiores nos indivíduos da BU em relação aos indivíduos da DS. No verão, observam-se maiores valores de comprimento dos elementos de vaso nos rizomas e raízes e aumento do diâmetro destes nas raízes nos indivíduos coletados na DS (Tab. 4). Quando os ambientes são analisados separadamente, observa-se nas BU aumento significativo apenas do comprimento dos elementos de vaso das raízes durante o inverno, os demais parâmetros não apresentam variação significativa (Tab. 4). Nas DS, entretanto, os elementos do metaxilema apresentam maior comprimento no rizoma e escapo e maior diâmetro nas raízes e escapo com variações significativas durante o verão (Tab. 4)

Muitos idioblastos contendo compostos fenólicos são encontrados no rizoma, raízes e escapo. Amiloplastos ocorrem no rizoma e escapo e estão ausentes nas raízes. Não foram observadas variações visuais na quantidade e localização dos idioblastos com compostos fenólicos, dos amiloplastos e espessamento e lignificação das paredes das células do esclerênquima em indivíduos de BU e DS, assim como, quando foram comparadas as sazonalidades.

De acordo com a ordenação não métrica dos resultados apresentados para a distribuição das características anatômicas analisadas de *A. trigynum*, considerando ambiente e período de coleta, identifica-se certa tendência a separação destas características nos quatro grupos avaliados (baixada úmida durante o inverno, duna

semifixa durante o inverno, baixada úmida durante o verão e duna semifixa durante o verão) (Fig. 19).

Análise unifatorial das similaridades (one-way ANOSIN) verificou as variações das características anatômicas espacialmente entre o ambiente e período de coleta. Usando o fator ambiente associado ao período de coleta, detectou-se diferença significativa entre alguns grupos ($R_{\text{global}} = 0,33$ e o nível de significância de 0,1%) (Tab. 5).

De acordo com a análise SIMPER, que verificou a contribuição de cada característica anatômica para as diferenças ou dissimilaridades encontradas entre ambiente e período de coleta, as características responsáveis por mais de 80% desta relação está descrita na Tabela 6. Uma composição de quatro características foi responsável por mais de 80% das dissimilaridades. Comprimento dos elementos de vaso do escapo, das raízes e do rizoma e o comprimento do escapo floral foram responsáveis por grande parte da porcentagem de contribuição de cada grupo identificado.

Discussões

Androtrichum trigynum está presente em dunas estabelecidas na restinga, em baixadas úmidas e dunas semifixas. No presente estudo, os indivíduos de baixadas úmidas estão sujeitos a alagamentos temporários durante o verão, de acordo com a quantidade e distribuição das chuvas na estação. Costa *et al.* (1988) também observaram a presença do junco-da-praia em brejos periodicamente alagados e dunas secas na restinga do RS, entretanto, o alagamento foi observado durante no inverno. *A. trigynum* pode ser considerada espécie anfíbia de acordo com Ridge (1987) e Robe & Griffiths (1998), pois transita do ambiente aquático para o terrestre, podendo ser mesófita com características xeromorfas ou hidromorfas (Weaver & Clements 1929).

De acordo com Costa *et al.* (1988), o junco-da-praia é uma planta resistente ao movimento e a acumulação de areia sobre o rizoma e parte do escapo floral. Para Wills *et al.* (1959, *apud* Costa *et al.* 1988), a movimentação de areia e borrifos marinhos representam importantes fatores que influenciam na distribuição das plantas sobre dunas costeiras. A participação dos fatores edáficos na distribuição das plantas é reconhecida para alguns ecossistemas costeiros devido ao impacto da areia e da salsugem limitando o porte das plantas mais próximas à praia (Cordazzo *et al.* 2006). Para Costa *et al.* (1988), a ausência de *Androtrichum* em dunas frontais está relacionada com estes

fatores. O sistema subterrâneo de *A. trigynum* é formado por rizoma e raízes adventícias que se ramificam cobrindo grandes áreas.

Cordazzo *et al.* (2006) descrevem diferenças de crescimento entre as plantas das dunas estabilizadas secas e dos locais úmidos, sendo que estas últimas apresentam crescimento mais rápido e intenso, que modifica sensivelmente a estrutura do comprimento dos escapo, propiciando contínuo rejuvenescimento da população. De maneira geral, as características morfológicas analisadas no rizoma, raízes e escapo mostram valores mais elevados nos indivíduos coletados durante o verão em ambos os ambientes. Indicando que a planta tem maior taxa de crescimento durante os períodos mais úmidos do ano, onde o solo apresenta uma redução salina devido a uma maior diluição da salinidade, corroborando com Cordazzo *et al.* (2006).

As células epidérmicas do escapo de *A. trigynum* apresentam suas paredes periclinais externas espessadas e sobre elas há deposição de uma cutícula evidente; tal característica é comum em espécies de Cyperaceae da restinga, conforme dados de Martins *et al.* (2008) e Estelita (1993). As paredes das células epidérmicas são mais espessadas nos indivíduos coletados no verão, em relação aos coletados no inverno tanto na BU quanto na DS. Com relação á cutícula, o maior valor ocorre nos indivíduos da BU coletados no inverno. Segundo Perazzolo & Pinheiro (1991) e Fahn & Cutler (1992), a presença de cutícula e ceras epicuticulares espessas e células epidérmicas com paredes espessadas são aspectos xeromorfos, sendo importantes para plantas que estão sujeitas a déficit hídrico. Para Gunning & Steer (1996), o revestimento externo das plantas por camadas de substâncias como cutina, suberina e ceras ajuda a reduzir a perda de água. Para Fahn & Cutler (1992) e Oliveira & Sajo (1999) essas características podem atuar na proteção contra a transpiração e luminosidade excessiva e suporte e resistência mecânica. *A. trigynum* cresce em dunas estabelecidas e está exposto ao estresse hídrico, à alta luminosidade e a ação de ventos. No presente estudo, quando se considera a espessura da parede celular mais a cutícula, não observam-se diferenças significativas entre os indivíduos coletados, provavelmente porque a intensidade luminosa é a mesma recebida por todos os indivíduos.

Em secções paradérmicas da epiderme é possível observar duas regiões, uma sulcada, com estômatos e outra não sulcada, destituída destes. Os estômatos em *A. trigynum* são do tipo gramíneo (Esau 1977) e apresentam-se dispostos em fileiras longitudinais, o que também é observado por Matcalfe (1971) para outras espécies da

mesma família. Plantas que habitam ambientes com estresse salino e hídrico podem desenvolver algumas características estomáticas que protegem as plantas da desidratação (Flowers *et al.* 1977; Fahn & Cutler 1992) como, por exemplo, projeções cuticulares, papilas ou mesmo tricomas sobre o poro estomático (Metcalf 1983; Perazzolo & Pinheiro 1991), localização dos estômatos em depressões, sulcos ou criptas (Metcalf 1983; Fahn & Cutler 1992) e presença de depósitos de cera no interior do ostíolo e de células-guarda com paredes espessadas (Martins *et al.* 2008). Embora não tenha sido avaliada a constituição da cutícula em *A. trigynum*, acredita-se que ceras estejam recobrando a cutícula. Segundo Fahn & Cutler (1992), a estrutura das ceras epicuticulares pode ser influenciada pelas condições ambientais. De acordo com Martins *et al.* (2008), depósitos de ceras epicuticulares são encontrados em *Cyperus maritimus* e podem auxiliar na redução da taxa de transpiração, pois a permeabilidade da cutícula evita a perda excessiva de água.

Em *A. trigynum*, os maiores comprimentos das células-guarda foram registrados durante o verão, sendo este aumento significativo apenas na DS. Entretanto, quando se compara este comprimento com o tamanho do poro, nota-se que o aumento se deu apenas na extremidade da célula, provavelmente por aumento no espessamento da parede, comum em plantas sujeitas a estresse salino. Observa-se, também, que durante o verão na DS houve uma aproximação dos estômatos, provavelmente pelo alongamento das células. De acordo com Dickison (2000), uma maior proximidade dos estômatos poderia auxiliar na redução da taxa de transpiração em consequência de uma sobreposição de nuvens de vapor de água. Para Cutter (1986), o índice estomático é razoavelmente constante para uma dada espécie, sendo afetado principalmente pela umidade. Dados sobre dimensões, distribuição e densidade dos estômatos são, na maioria das vezes, resultados de pesquisas com eudicotiledôneas. É importante ressaltar que este grupo apresenta, de modo geral, características distintas das apresentadas pelas monocotiledôneas. Os estômatos em eudicotiledôneas estão dispostos de modo aleatório, enquanto em monocotiledôneas, estão arranjados longitudinalmente.

Sob a epiderme do escapo, ocorrem cordões de fibras esclerenquimáticas, dispostas de maneira equidistante, também observado por Simas-Filho (1989) em *Scirpus californicus* (C.A.Mey.) Steud. De acordo com Mehra & Sharma (1965), a presença de cordões de fibras subepidérmicos é característico da família Cyperaceae, e têm importante papel no suporte conferido ao escapo floral.

Em relação aos elementos de vaso do metaxilema de *A. trigynum*, observa-se que no rizoma, os elementos de vaso mais longos ocorrem na DS durante o verão, período mais úmido, assim como também observou Rodrigues (2000) em *Cyperus giganteus* Vahl. De acordo com a literatura essa variação pode ser decorrente da ação do gás etileno, uma vez que, em plantas anfíbias, ele pode ser responsável pela expansão celular, resultando no alongamento dos caules e pecíolos (Rigde 1987). Entretanto, quando se compara DS e BU os elementos mais longos ocorrem na DS tanto para as raízes quanto rizomas. Sabe-se que órgãos alongados tendem a terem células vasculares alongadas (Cheadle 1943). Desta forma, raízes e rizomas de *A. trigynum* em épocas de escassez hídrica provavelmente têm que crescer mais a fim de encontrar o lençol freático, o que poderia estar causando tais alongamentos nas células.

Plantas de ambientes xéricos, que estão sujeitas à seca, alta luminosidade, irradiação e temperatura, podem aumentar a produção e o acúmulo de solutos, como óleos essenciais, resinas, alcalóides, e outras combinações (Hesp, 1991; Dickison 2000). Para Castro & Machado (2006), a presença de compostos fenólicos pode estar relacionada com mecanismos de interação planta-animal, agindo como dissuasivo alimentar e reduzindo a herbivoria e, em plantas sob estresse hídrico, os compostos fenólicos acumulados nos vacúolos poderiam garantir a manutenção do arcabouço celular e da integridade dos tecidos. Em *A. trigynum* não foram observadas variações visuais na quantidade de compostos fenólicos entre os indivíduos, mas percebe-se que existem em grande quantidade. Salatino *et al.* (1990) encontraram maior concentração de compostos fenólicos em plantas aquáticas de Eriocaulaceae quando comparadas com plantas terrestres, embora não afirmem que essa maior concentração seja em decorrência da condição ambiental. De acordo com Rodrigues (2000), em *Cyperus giganteus*, os rizomas de ambiente seco apresentaram maior decorrência destes compostos quando comparados com rizomas de ambiente alagado, possivelmente, em consequência da composição do solo e por garantir uma maior proteção contra herbívoros. Sabe-se que plantas que crescem em solos com deficiência nutricional podem conter concentrações relativamente elevadas de compostos fenólicos (McKey *et al.* 1978). Solos de restinga são pobres, principalmente em nitrogênio, fósforo e potássio (Hesp 1991).

De acordo com a literatura, células com paredes espessadas, depósitos de ceras epicuticulares e grande quantidade de idioblóstos com substâncias fenólicas são

características possivelmente relacionadas com ambiente xérico (Fahn & Cutler 1992). Espécies xerófitas exibem adaptações que as habilitam sobreviver e se reproduzir em ambientes caracterizados por baixa precipitação, condições atmosféricas que promovem perda de água de maneira muito rápida (Dickison 2000), estão expostas a alta temperatura e irradiação solar e crescem em solos pobres em nutrientes (Fahn & Cutler 1992). Estelita (1993), ao analisar *Remiria maritima*, observa que características estruturais de caráter xérico podem estar relacionadas com outros fatores, além da deficiência hídrica, como por exemplo, a deficiência nutricional do solo, constituindo um pseudo xeromorfismo.

A ordenação não métrica das características anatômicas de *Androtrichum trigynum*, considerando ambiente e período de coleta, mostrou certa tendência a separação destas características nos quatro grupos avaliados (baixada úmida durante o inverno, duna semifixa durante o inverno, baixada úmida durante o verão e duna semifixa durante o verão). Observa-se que ao considerar o período de coleta isoladamente, essa tendência torna-se mais evidente, enquanto que, ao analisar apenas o ambiente de coleta, nota-se uma forte sobreposição entre os ambientes.

Desta forma, conclui-se que algumas características analisadas em *A. trigynum*, que mostram ser de ambiente xérico mas ocorrem em indivíduos de ambientes úmidos, provavelmente sejam um pseudo xeromorfismo ou escleromorfismo oligotrófico definidos por Arens (1958), pois o ciclo hidrológico de alagamentos e drenagens das baixadas úmidas altera a concentração de nutrientes disponíveis para as plantas, devido a diluição dos íons (Carmo & Oliveira 1984). Para Costa *et al.* (1988) *Androtrichum* apresenta-se adaptado a este ciclo hidrológico, ao resistir ao alagamento, possibilitando a ocupação espacial durante o período de cheia nas baixadas e explorando a riqueza momentânea pós-drenagem, onde os nutrientes tornam-se mais concentrados.

Referências

- Araújo, D.S.D. 1987. Restingas: síntese dos conhecimentos para a costa sul-sudeste brasileira. p. 333-47. *In Anais do I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*. São Paulo, Aciesp, v.1.
- Arens, K. 1958. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Botânica**, 15:25-56.
- Arioli, T.; Voltolini, C.H. & Santos, M. 2008. Morfoanatomia foliar da reófito *Raulinoa echinata* R.S. Cowan – Rutaceae. **Acta Botanica Brasilica** 22:723-732.

- Ayres, M.; Ayres, Júnior M.; Ayres D.L. & Santos, A.S. 2007. **BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq: Belém, Brasil.
- Beltrame, A.V.; Bunn, D.A.; Chaves, A.P.N. & Voges, M.S. 2006. **Conhecendo o Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição**. Florianópolis: [S. n.].
- Batley, N.H. 2000. Aspects of seasonality. **Journal of Experimental Botany** **51**:1769-1780.
- Bona, C. & Morretes, B.L. 2003. Anatomia das raízes de *Bacopa salzmanii* (Benth.) Wettst. ex Edwall e *Bacopa monnierioides* (Cham.) Robinson (Scrophulariaceae) em ambientes aquático e terrestre. **Acta Botanica Brasilica** **17**:155-170.
- Bozzola, J. & Russel, L. 1991. **Electron microscopy, principles and techniques for biologist**. Boston: Jones and Barlett Publishers.
- Bresolin, A. 1979. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Insula** **10**:1-55.
- Bukatsch, F. 1972. Bemerkungem zur Doppelfärbung Astrablao-Safranin. **Microkosmos** **61**:255.
- Camerik, A.M. & Werger, M.J.A. 1981. Leaf characteristics of the flora of the high plateau of Itatiaia, Brasil. **Biotropica** **13**:39-48.
- Carmo, M.A.M. & Oliveira, L.D. 1984. Limnologia de um brejo de dunas em Maricá – RJ. p. 455-460. In Lacerda, L.D.; Araujo, D.S.D.; Cerqueira, R.; Turoc, B. (eds.) **Restinga: origem, estrutura, processos**. Niterói, CEUFF.
- Castro, M.M & Machado, S.R. 2006. Células e tecidos secretores. p. 179-203. In B. Apezaro-da-Glória & S.M. Carmello-Guerreiro (eds.). Anatomia vegetal. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV.
- CECCA (Centro de Estudos Cultura e Cidadania). 1996. **Uma cidade numa ilha: relatório sobre os problemas sócio-ambientais da Ilha de Santa Catarina**. Insular.
- CECCA (Centro de Estudos Cultura e Cidadania). 1997. **Unidades de conservação e áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina: caracterização e legislação**. Insular.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M., 1994. **Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation**. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.
- Chabbi, A.; McKee, K.L. & Mendelssohn, I.A. 2000. Fate of oxygen losses from *Typha domingensis* (Typhaceae) and *Cladium jamaicense* (Cyperaceae) and consequences for root metabolism. **American Journal of Botany** **87**:1081-1090.
- Cheadle, I.V. 1943. The origin and certain trends of specialization of the vessel in the monocotyledoneae. **American Journal of Botany** **30**:11-17.
- Cordazzo, C.V.; Paiva, J.B. & Seeliger, U. 2006. **Guia ilustrado: plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica**. Pelotas: USEB.
- Cordazzo, C.V. & Seeliger, U. 2003. Reproduction and vegetative regeneration in *Blutaparon portulacoides* (Amaranthaceae) on backshores in southern Brazil. **Journal of Coastal Research** **35**:481-485.
- Cordeiro, S.Z. 2005. Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Peró, Cabo Frio, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**:679-693.
- Costa, C.S.B.; Seeliger, U. & Cordazzo, C.V. 1988. Dinâmica populacional e distribuição horizontal de *Androtrichum trigynum* (Spreng.) Pfeiffer (Cyperaceae) em brejos e dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia** **11**:813-842.
- Dickison, W.C. 2000. **Integrative Plant Anatomy**. San Diego: Academic Press.
- Esau, K. 1977. **Anatomy of seed plants**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons.

- Estelita, M.E.M. 1993. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Remirea maritima* Aubl. (Cyperaceae). **Naturalia** **18**:123-134.
- Falkenberg, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula** **28**:1-30.
- Fahn, A. & Cutler, D.F. 1992. **Xerophytes**. Germany: Gebrüder Borntraeger.
- Feder, N. & O'Brien, T.P. 1968. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany** **55**:123-142.
- Flowers, T.J.; Troke, P.F. & Yeo, A.R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology** **28**:89-212.
- Flowers, T.J.; Duque, E.; Majibagheri, A.; McGonigle, T.P. & Yeo, A.R. 1985. The effect of salinity on leaf ultrastructure and net photosynthesis of two varieties of rice: further evidence for a cellular component of salt-resistance. **The New Phytologist** **100**:37-43.
- Franklin, G.L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resin and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature** **3924**:51.
- Guimarães, T.B. 2006. **Florística e fenologia reprodutiva de plantas vasculares na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa de Conceição, Florianópolis, SC**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Gunning, B.E.S & Steer, M.W. 1996. **Plant Cell Biology**: structure and function. USA, Jones and Bartlett Publishers.
- Herrmann, M.L.P. 1989. **Aspectos ambientais da porção central da Ilha de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Hesp, P.A. 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. **Journal of arid environments** **21**:165-191.
- Jensen, W.A. 1962. **Botanical histochemistry**. New York: H. H. Freeman and Co.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Will.
- Justo, C.F.; Soares, A.M.; Gavilanes, M.L. & Castro, E.M. 2005. Plasticidade anatômica das folhas de *Xylopia brasiliensis* Sprengel (Annonaceae). **Acta Botanica Brasílica** **19**:111-123.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: Ed. Universidade Rural.
- Lacerda, L.D.; Araujo, D.S.D. & Maciel, N.C. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. p. 477-493. In E. Van der Maarel (ed.). **Dry coastal-ecosystems**: Africa, Asia, Oceania. Amsterdam: Elsevier.
- Marcum, B. & Murdoch, C.L. 1992. Salt tolerance of the coastal salt marsh grass, *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth. **The New Phytologist** **120**: 281-288.
- Marques, M.C.M.; Roper, J.J. & Salvalaggio, A.P.B. 2004. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology** **173**:203-213.
- Martins, S.; Machado, S.R. & Alves, M. 2008. Anatomia e ultra-estrutura foliar de *Cyperus maritimus* Poir. (Cyperaceae): estratégias adaptativas ao ambiente de dunas litorâneas. **Acta Botanica Brasílica** **22**:493-503.
- McKey, D.; Waterman, P.G.; Gartlan, J.S. & Struhsaker, T.T. 1978. Phenolic content of vegetation in two African rain forests: ecological implications. **Science** **202**:61-63.
- Mehra, P.N. & Sharma, O.P. 1965. Epidermal silica cells in the Cyperaceae. **Botanical Gazette** **126**:53-58.

- Metcalf, C.R. 1971. **Anatomy of the monocotyledons**. Cyperaceae. London: Oxford University Press.
- Metcalf, C.R. 1983. Ecological Anatomy and Morphology General Survey. p.126-149. In C.R. Metcalf & L. Chalk. 1983. **Anatomy of the Dicotyledons**. Vol.II. 2 ed. Oxford, Clarendon Press.
- Oliveira, V.C. & Sajo, M.G. 2001. Morfo-anatomia caulinar de nove espécies de Orchidaceae. **Acta Botanica Brasilica** **15**:177-188.
- Oriani, A; Scatena, V.L. & Sano, P.T. 2005. Anatomia das folhas, brácteas e escapos de *Actinocephalus* (Koern.) Sano (Eriocaulaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **28**:229-240.
- Perazzolo, M. & Pinheiro, F. 1991. Aspectos anatômicos e adaptativos das partes vegetativas de *Spartina densiflora* Brong. (Gramineae) da Marisma do estuário da Lagoa dos Patos-RS. **Acta Botanica Brasilica** **5**: 3-16.
- Prata, A.P.; Menezes, N.L.; Mazzoni-Viveiros, S.C.; Wanderley, M.G.L. & Thomas, W.W. 2007. Anatomia do escapo e rizoma de espécies brasileiras de *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **30**:245-256.
- Ridge, I. 1987. Ethylene and growth control in amphibious plants. p. 53-77. In R.M.M. Crawford. (ed.). **Plant life in aquatic and amphibious habitats**. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Robe, W.E. & Griffiths, H. 1998. Adaptations for an amphibious life: changes in leaf morphology, growth rate, carbon and nitrogen investment, and reproduction during adjustment to emersion by the freshwater macrophyte *Littorella uniflora*. **The New Phytologist** **140**:9-23.
- Rodrigues, A.C. 2000. **Desenvolvimento anatômico do sistema subterrâneo, e do tecido Kranz nas brácteas, e implicações ecológicas do rizoma de *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae) proveniente do Pantanal sul-mato-grossense**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Salatino, A.; Salatino, M.L.F. & Giuliatti, A.M. 1990. Contents of soluble phenolic compounds of capitula of Eriocaulaceae. **Química Nova** **13**:289-292.
- Sass, J.E. 1951. **Botanical Microtechnique**. Iowa: The Iowa State College Press.
- Scatena, V.L.; Giuliatti, A.M. & Cardoso, V.A. 1998. Anatomia do escapo floral de espécies brasileiras de *Paepalanthus* subgêneros *Platycaulon* (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica** **12**:121-133.
- Scatena, V.L.; Vich, D.V. & Parra, L.R. 2004. Anatomia de escapos, folhas e brácteas de *Syngonanthus* sect. *Eulepis* (Bong. ex Koern.) Ruhland (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica** **18**:825-837.
- Simas-Filho, J.P. 1989. **Adaptações anatômicas ao habitat aquático de *Scirpus californicus* (C.A.Mey.) Steud. (Cyperaceae) da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC**. Monografia de especialização. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1969. **Biometry**. San Francisco: Freeman and Company.
- Tedesco, J.M.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H. & Volkweiss, S.J. 1995. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Boletim Técnico, 5).
- Waechter, J.L. 1985. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, Série Botânica** **33**:49-68.
- Weaver, J.E. & Clements, F.E. 1929. **Plant Ecology**. New York: McGraw-Will.

Tabela 1. Dados da caracterização ambiental das baixadas úmidas (BU) e dunas semifixas (DS) durante os períodos de verão e inverno que foram realizadas as coletas.

Variáveis	Ambientes	Verão	Inverno
Temperatura atmosférica absoluta (°C)	BU/DS	33,8 (Máxima)	29,3 (Máxima)
		15,8 (Mínima)	6,0 (mínima)
Precipitação pluviométrica total (mm)	BU/DS	252,8	97,6
Temperatura do solo (°C)	BU/DS	29	24,5
Umidade do solo	BU	100%	7,24%
	DS	67,22%	1,3%

Tabela 2. Comparação entre as médias de características macroscópicas de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer, considerando procedência (baixadas úmidas e dunas semifixas) e período de coleta (inverno e verão), através do teste t ao nível de 5% de probabilidade. ¹n=30; ²n=90. Médias \pm desvio padrão seguidas por letras minúsculas diferentes, comparadas na horizontal, indicam diferenças estatisticamente significativas entre os ambientes. Médias \pm desvio padrão seguidas por letras maiúsculas diferentes, comparadas na vertical, indicam diferenças estatisticamente significativas entre os períodos de coleta.

Variáveis		Condições		
Órgão	Dimensões	Período de coleta	Baixadas úmidas	Dunas semifixas
Rizoma	Diâmetro (mm)	Inverno ¹	8,46 (\pm 1,59) a, A	7,26 (\pm 1,49) b, B
		Verão ¹	8,11 (\pm 0,83) a, A	8,54 (\pm 1,28) a, A
Raízes adventícias	Diâmetro (mm)	Inverno ¹	2,51 (\pm 0,27) a, A	2,38 (\pm 0,30) a, B
		Verão ¹	2,62 (\pm 0,33) a, A	2,60 (\pm 0,26) a, A
Escapo floral	Diâmetro (mm)	Inverno ²	2,12 (\pm 0,28) a, B	2,11 (\pm 0,29) a, B
		Verão ²	2,63 (\pm 0,57) a, A	2,83 (\pm 0,46) a, A
	Comprimento (mm)	Inverno ²	916,53 (\pm 160) a, A	857,80 (\pm 113) b, B
		Verão ²	827,00 (\pm 172,61) b, B	920,77 (\pm 121,6) a, A
	Área (cm ²)	Inverno ²	61,30 (\pm 14,46) a, B	57,20 (\pm 12,09) b, B
		Verão ²	68,91 (\pm 21,52) b, A	82,47 (\pm 20,52) a, A
	Grau de esclerofilia (mg/mm ²)	Inverno ²	4,49 (\pm 1,87) a, B	4,06 (\pm 0,83) b, B
		Verão ²	5,02 (\pm 1,16) a, A	4,75 (\pm 0,91) a, A

Tabela 3. Comparação entre as médias de características microscópicas observadas no escapo floral de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer, considerando procedência (baixadas úmidas e dunas semifixas) e período de coleta (inverno e verão), através do teste t ao nível de 5% de probabilidade. ¹n=15; ²n=30; ³n=90. Médias \pm desvio padrão seguidas por letras minúsculas diferentes, comparadas na horizontal, indicam diferenças estatisticamente significativas entre os ambientes. Médias \pm desvio padrão seguidas por letras maiúsculas diferentes, comparadas na vertical, indicam diferenças estatisticamente significativas entre os períodos de coleta.

Variáveis		Condições	
Dimensões	Período de coleta	Baixadas úmidas	Dunas semifixas
Densidade estomática (estômatos por mm ²)	Inverno ²	93,75 (\pm 9,06) a, A	87,08 (\pm 11,83) a, A
	Verão ²	81,25 (\pm 13,93) a, B	88,75 (\pm 11,71) a, A
Distância entre estômatos (μ m)	Inverno ³	129,40 (\pm 23,70) a, A	132,05 (\pm 26,45) a, A
	Verão ³	129,49 (\pm 22,81) a, A	119,74 (\pm 24,49) a, B
Comprimento total das células-guarda (μ m)	Inverno ¹	44,78 (\pm 3,02) a, A	44,48 (\pm 1,48) a, B
	Verão ¹	46,97 (\pm 3,92) a, A	47,39 (\pm 2,31) a, A
Comprimento das células-guarda (sem pólos) (μ m)	Inverno ¹	15,35 (\pm 2,37) a, A	16,72 (\pm 1,65) a, A
	Verão ¹	17,12 (\pm 3,31) a, A	16,15 (\pm 1,67) a, A
Largura das células subsidiárias (μ m)	Inverno ¹	10,84 (\pm 0,62) a, A	10,42 (\pm 0,89) a, A
	Verão ¹	10,56 (\pm 0,70) a, A	10,07 (\pm 1,16) a, A
Espessura da cutícula (μ m)	Inverno ²	4,57 (\pm 1,80) a, A	3,46 (\pm 1,52) b, A
	Verão ²	3,58 (\pm 1,75) a, B	3,33 (\pm 1,57) a, A
Espessura da parede periclinal externa das células epidérmicas	Inverno ²	10,19 (\pm 1,93) a, B	11,11 (2,12) a, B
	Verão ²	12,47 (\pm 3,15) a, A	12,53 (1,99) a, A
Espessura da cutícula e parede periclinal externa das células epidérmicas	Inverno	14,75 (\pm 2,41) a, A	14,57 (\pm 2,61) a, A
	Verão	16,05 (\pm 3,16) a, A	15,86 (\pm 2,42) a, A

Tabela 4. Comparação entre as médias de características microscópicas observadas em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer, considerando procedência (baixadas úmidas e dunas semifixas) e período de coleta (inverno e verão), através do teste t ao nível de 5% de probabilidade. ¹n=75; ²n=30. Médias \pm desvio padrão seguidas por letras minúsculas diferentes, comparadas na horizontal, indicam diferenças estatisticamente significativas entre os ambientes. Médias \pm desvio padrão seguidas por letras maiúsculas diferentes, comparadas na vertical, indicam diferenças estatisticamente significativas entre os períodos de coleta.

Variáveis			Condições	
Órgão	Dimensões	Período de coleta	Baixadas úmidas	Dunas semifixas
Rizoma	Comprimento dos elementos de vaso (μm)	Inverno ¹	491,59 (\pm 151,97) a, A	477,54 (\pm 143,36) a, B
		Verão ¹	495,69 (\pm 132,63) b, A	537,74 (\pm 161,81) a, A
	Diâmetro dos elementos de vaso (μm)	Inverno ¹	43,28 (\pm 9,69) a, A	42,15 (\pm 7,41) a, A
		Verão ¹	40,82 (\pm 10,04) a, A	41,95 (\pm 8,79) a, A
Raízes	Comprimentos dos elementos de vaso (μm)	Inverno ¹	500,55 (\pm 158,49) a, A	518,05 (\pm 200,04) a, A
		Verão ¹	346,36 (\pm 114,85) b, B	524,51 (\pm 195,23) a, A
	Diâmetro dos elementos de vaso (μm)	Inverno ¹	59,65 (\pm 14,28) a, A	50,36 (\pm 13,34) b, B
		Verão ¹	58,67 (\pm 15,06) b, A	67,38 (\pm 17,38) a, A
Escapo floral	Comprimentos dos elementos de vaso (μm)	Inverno ²	628,62 (\pm 169,96) a, A	555,90 (\pm 139,44) b, B
		Verão ²	607,59 (\pm 129,44) a, A	610,46 (\pm 132,77) a, A
	Diâmetro dos elementos de vaso (μm)	Inverno ²	42,15 (\pm 8,97) a, A	36,92 (\pm 10,04) b, B
		Verão ²	40,00 (\pm 8,94) a, A	42,36 (\pm 9,15) a, A

Tabela 5. Resumo dos resultados de ANOSIM e SIMPER observados em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer. São apresentadas as similaridade entre as amostras em negrito na diagonal. São mostrados dissimilaridade sobre a diagonal e os resultados do ANOSIM (nível de significância 0,1%) abaixo. BU – baixada úmida; DS – duna semifixa.

	BU inverno	BU verão	DS inverno	DS verão
BU inverno	86,84	12,90	14,18	13,45
BU verão	0,314	88,97	13,08	13,53
DS inverno	0,232	0,358	86,89	14,14
DS verão	0,363	0,177	0,543	87,08

Tabela 6. Resultado da análise SIMPER para os grupos envolvendo ambiente e período de coleta, apresentando as características anatômicas que contribuíram com mais de 80% das dissimilaridades em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer. BUi – baixada úmida no inverno; BUv – baixada úmida no verão; DSi – duna semifixa no inverno; DSv – duna semifixa no verão.

Grupo	Características anatômicas	% de contribuição	% de acumulado
BUi x DSi	Comprimento dos elementos de vaso do escapo	24,40	24,40
	Comprimento dos elementos de vaso do rizoma	23,18	47,58
	Comprimento dos elementos de vaso das raízes	21,63	69,21
	Comprimento do escapo	17,27	86,48
BUi x BUv	Comprimento dos elementos de vaso do rizoma	24,35	24,35
	Comprimento dos elementos de vaso do escapo	23,51	47,86
	Comprimento do escapo	19,74	67,60
	Comprimento dos elementos de vaso das raízes	16,82	84,42
DSi x BUv	Comprimento dos elementos de vaso das raízes	26,71	26,71
	Comprimento dos elementos de vaso do rizoma	21,48	48,19
	Comprimento dos elementos de vaso do escapo	21,24	69,44
	Comprimento do escapo	14,80	84,24
BUi x DSv	Comprimento dos elementos de vaso do rizoma	23,79	23,79
	Comprimento dos elementos de vaso das raízes	23,00	46,79
	Comprimento dos elementos de vaso do escapo	22,90	69,69
	Comprimento do escapo	15,79	85,48
DSi x DSv	Comprimento dos elementos de vaso das raízes	25,08	25,08
	Comprimento dos elementos de vaso do rizoma	21,46	46,54
	Comprimento dos elementos de vaso do escapo	19,75	66,29
	Comprimento do escapo	18,02	84,32
BUv x DSv	Comprimento dos elementos de vaso das raízes	26,31	26,31
	Comprimento dos elementos de vaso do rizoma	19,99	46,30
	Comprimento do escapo	19,76	66,06
	Comprimento dos elementos de vaso do escapo	18,41	84,47

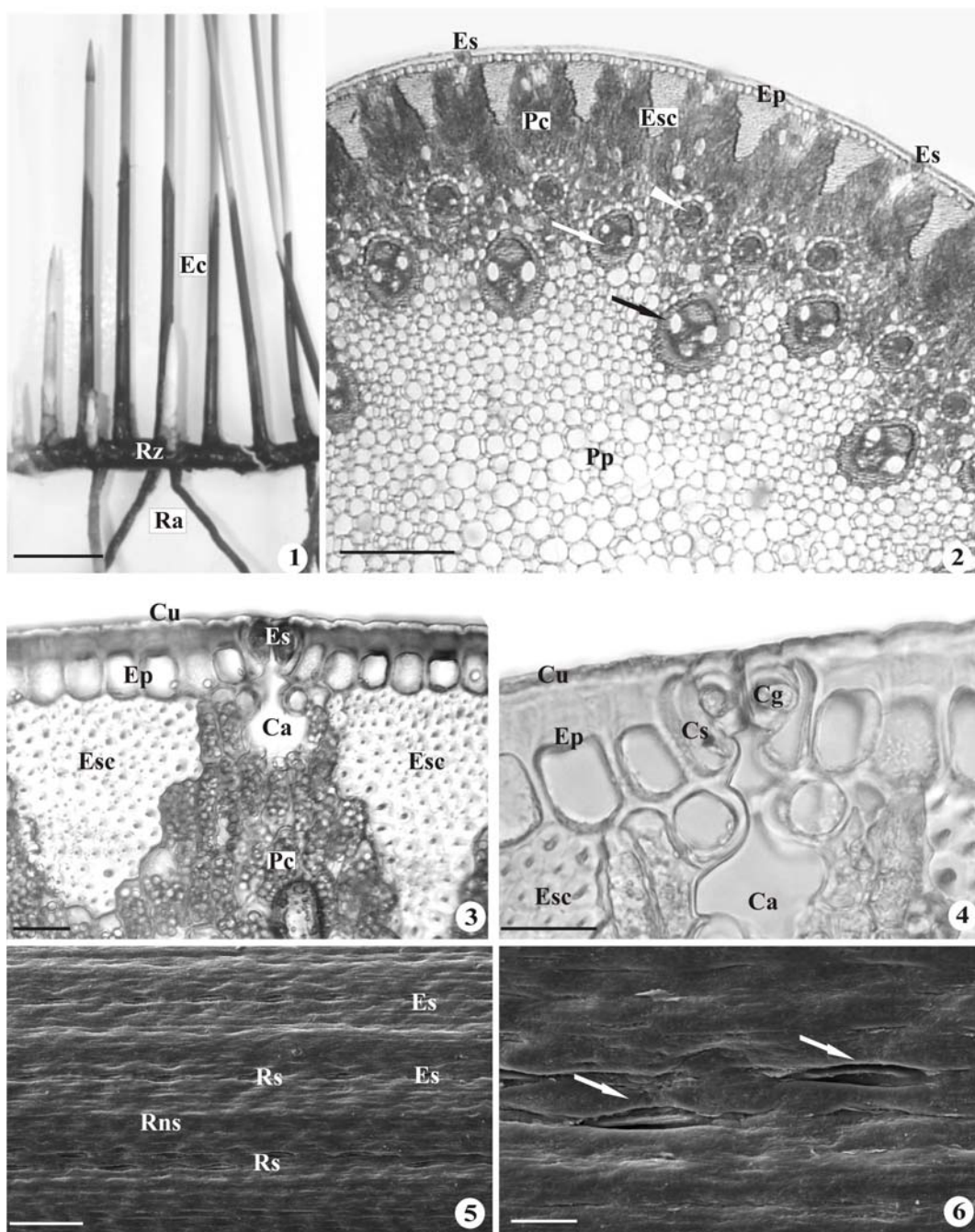


Figura 1-6. *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer **1.** Aspecto geral. **2-6.** Escapo floral. **2-4.** Secções transversais. **2.** Órgão com contorno circular. Observa-se epiderme, cutícula, estômatos, tecidos corticais e medular e feixes vasculares de três calibres distintos: pequenos (cabeça de seta), medianos (seta branca) e grandes (seta preta). **3.** Epiderme unisseriada com paredes celulares periclinais externas espessadas e revestidas por cutícula, e sob a epiderme com cordões esclerenquimáticos alternos com parênquima clorofiliano. **4.** Detalhe do estômato, com célula-guarda e subsidiária e câmara subestomática. **5-6.** Vista frontal da epiderme em Microscopia Eletrônica de Varredura **5.** Observam-se regiões sulcadas e não sulcadas. **6.** Detalhe da figura anterior evidenciando a zona sulcada com estômatos (setas). Legenda: Ca – câmara subestomática; Cg- célula-guarda; Cs – célula subsidiária; Cu – cutícula; Ec – escapo floral; Ep – epiderme; Es – estômato; Esc – esclerênquima; Pc – parênquima clorofiliano; Pp – parênquima paliçádico; Ra – raiz adventícia; Rns – região não sulcada; Rs – região sulcada; Rz – rizoma. Barra: 1: 2 cm; 2,5: 100 µm; 3-4,6: 25µm.

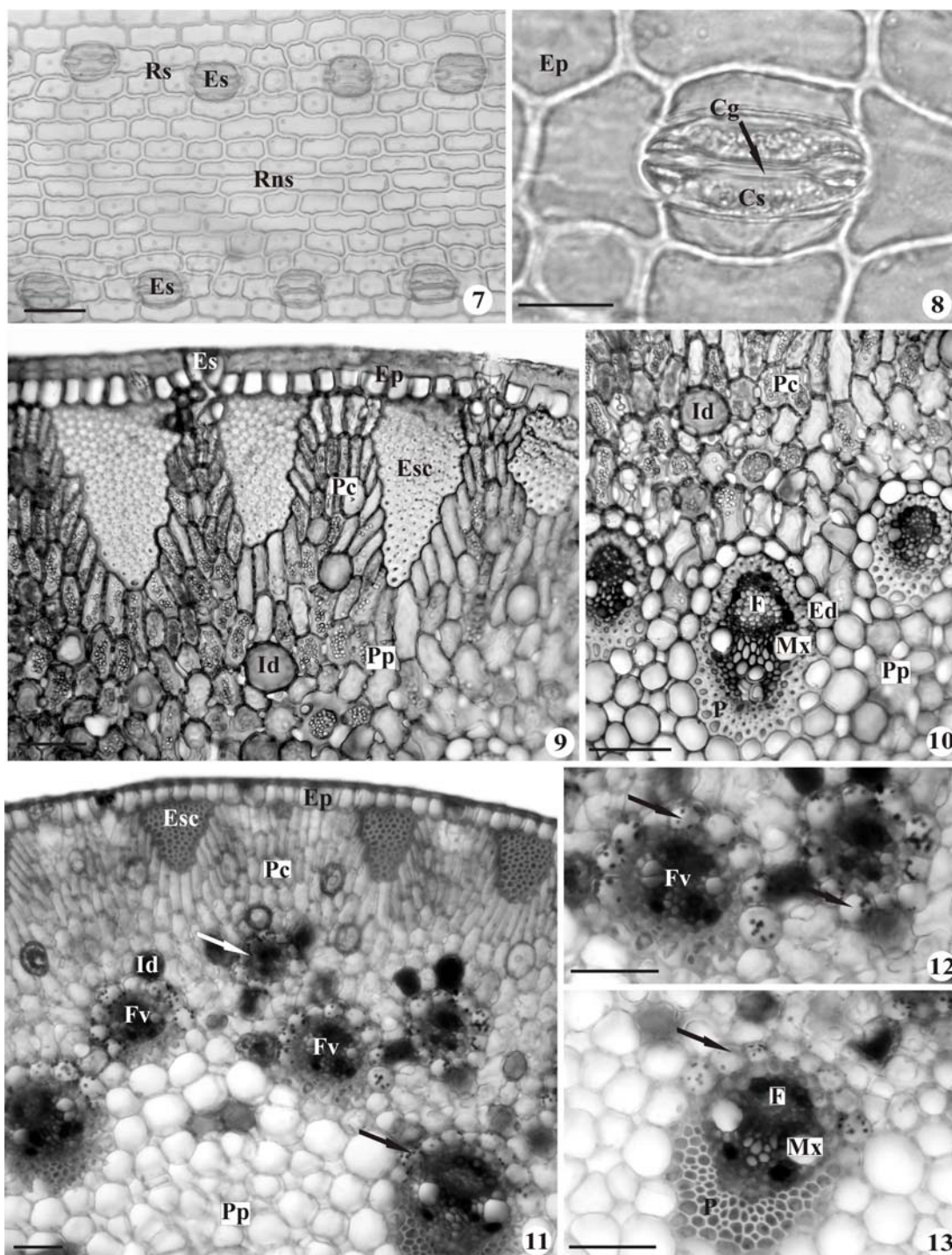


Figura 7-13. Escapo floral de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer. **7-8.** Seções paradérmicas. **7.** Observa-se regiões não sulcadas, com células epidérmicas levemente alongadas no sentido longitudinal e regiões levemente sulcadas, com células epidérmicas e estômatos dispostos longitudinalmente em fileiras. **8.** Os estômatos são do tipo gramíneo. **9-13.** Seções transversais **9.** Observam-se a epiderme com parede periclinal externa espessada, cordões de esclerênquima e parênquima clorofiliano. **10.** Feixes vasculares pequenos e medianos entre células parenquimáticas. **11.** Feixes vasculares periféricos arredondados com endoderme amilífera (seta branca). Feixes maiores com forma elíptica e endoderme amilífera incompleta (seta preta). **12.** Detalhe do feixe vascular com endoderme amilífera. **13.** Detalhe de feixe vascular com endoderme amilífera incompleta. Legenda: Cg – célula-guarda; Cs- célula subsidiária; End – ensoderme; Ep – epiderme; Es – estômato; Esc – esclerênquima; F – floema; Id – idioblastos; Mx – metaxilema; P – periciclo; Pc – parênquima clorofiliano; Pp – parênquima paliçádico; Rns – região não sulcada; Rs – região sulcada. Barras: 7,9-12: 50 µm; 8: 25 µm.

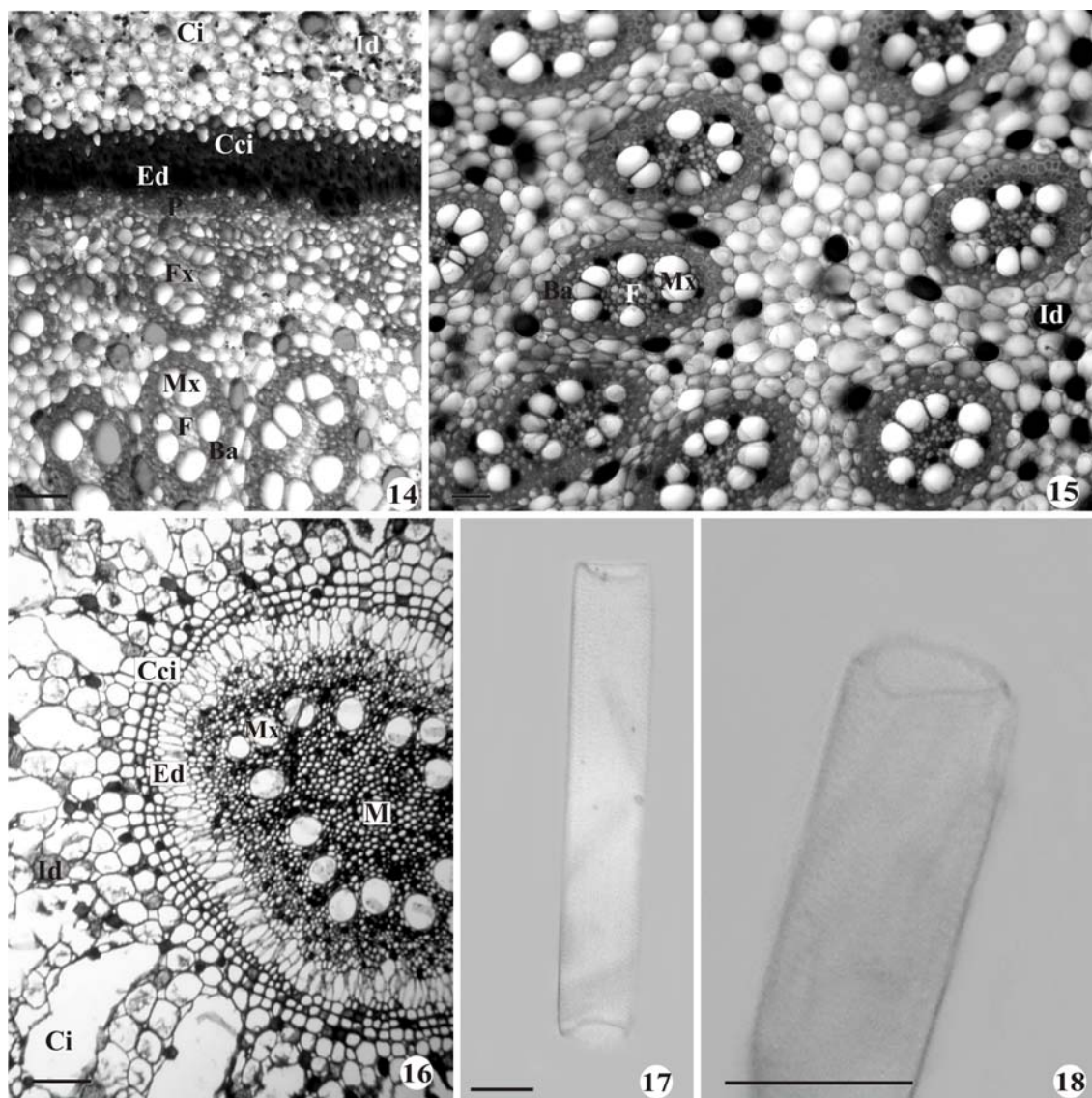
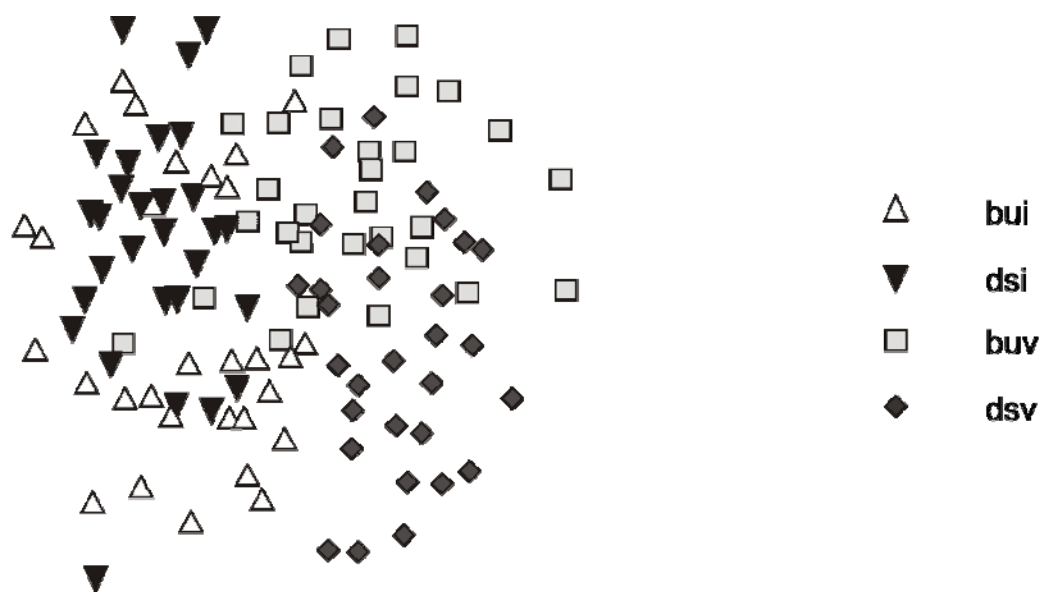


Figura 14-18: *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer. **14-16:** Seções transversais. **14-15:** Rizoma. **14.** Feixes vasculares periféricos originados do meristema de espessamento primário. **15:** Feixes vasculares anfigvais originados do procâmbio, com bainha de células espessadas. **16-18:** Raiz. **16.** Observa-se aerênquima esquisolisígena, células internas do córtex interno espessadas e endoderme com paredes finas. No cilindro vascular observa-se os elementos do metaxilema. **17:** Elemento de vaso do metaxilema alongado, com espessamento escalariforme e placa de perfuração simples, situadas nas paredes terminais. **18.** Detalhe da placa de perfuração simples. Legenda: Ba – bainha de células espessadas; Cci: células internas do córtex interno; Ci – córtex interno; Ed – endoderme; F – floema; Fe – feixe vascular; Id – idioblastos; M – medula; Mx – metaxilema; P – periciclo. Barras: 50 μm.



19

Figura 19. Ordenação não métrica (MDS) das características anatômicas de *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer considerando o ambiente e o período de coleta. bui – baixada úmida no inverno; dsi – duna semifixa no inverno; buv – baixada úmida no verão; dsv – duna semifixa no verão.

Considerações finais

Considerações finais

Androtrichum trigynum (Spr.) Pfeiffer ocorre em dunas semifixas e baixadas úmidas. Nesta última, está sujeito a alagamentos temporários durante o verão, de acordo com a quantidade e distribuição das chuvas na estação.

Apresenta o sistema subterrâneo constituído por rizomas e raízes adventícias. O rizoma é coberto por catafilos de coloração marrom e dele partem os escapos florais, cuja base é coberta por catafilos castanho-avermelhados a pardo. As raízes surgem dos entrenós do rizoma.

A anatomia dos ápices, tanto dos rizomas quanto das raízes de *A. trigynum* são semelhante a outras espécies de Cyperaceae. Atenção maior deve ser dada às células papilosas da epiderme da raiz, as quais não formam pêlos radiculares e secretam substância conspícua, semelhante à mucilagem, que poderia estar atuando como isolante térmico em consequência das altas temperaturas que alcançam o solo, principalmente no verão.

No rizoma ocorre o meristema de espessamento primário (MEP). O qual é responsável, junto com os meristemas apicais, pela formação do corpo primário do caule e também diferencia a endoderme e o periciclo. Nas raízes, a endoderme meristemática é evidente, a qual origina o córtex interno, enquanto o periciclo forma elementos vasculares. Nas raízes, as células da endoderme permanecem com as paredes finas, enquanto que no rizoma, as células da endoderme se lignificaram na maturidade.

No rizoma e nas raízes, o córtex apresenta-se dividido em hipoderme e córtex interno, e neste último, as células mais internas tornaram-se espessadas. Nas raízes, parte do córtex interno desenvolve-se em aerênquima esquisolisígeno e nas células internas do córtex interno houve deposição de compostos fenólicos.

Muitos idioblastos contendo compostos fenólicos, como ácido gálico e quercetina, esteróides como colesterol, taninos e flavonóides, foram encontrados nas raízes adventícias e no rizoma, sendo mais abundantes no rizoma. Compostos fenólicos também são abundantes nos escapos florais.

Os elementos de vaso das raízes, rizomas e escapos florais são alongados, com espessamento escalariforme e placa de perfuração simples, situadas nas paredes terminais, e não possuem apêndices.

Através de comparações das características morfológicas quantitativas dos rizomas, raízes e escapos de indivíduos coletados em baixadas úmidas e dunas

semifixas a espécie em questão, apresentou maiores taxas de crescimento durante o verão, ou seja, no período mais úmido.

Algumas características como presença de hipoderme, paredes espessadas, menor distância estomática, presença de compostos fenólicos são consideradas características de plantas de ambientes xéricos ou sujeitas a escassez de água. Entretanto, muitas destas características não apresentaram maior evidência nos indivíduos das dunas semifixas, como era de se esperar, já que seriam locais de maior escassez de água. Mas pelo contrário, muitas dessas características apresentaram maior evidência nos indivíduos das baixadas úmidas. De acordo com a literatura consultada trata-se de um pseudo xeromorfismo ou escleromorfismo oligotrópico, cuja falta de nutrientes no solo leva o desenvolvimento de tais características, o que é de se esperar já que sabe-se que o solo das restingas é extremamente deficiente em nutrientes, principalmente em regiões alagadas aonde os íons estão mais dissolvidos.

Entretanto, a ordenação não métrica das características anatômicas evidenciou certa tendência à separação destas características em quatro grupos, ou seja DS verão, DS inverno, BU verão e BU inverno. Foi observado que esta tendência torna-se mais evidente quando se analisa o período de coleta isoladamente. Quando é considerado apenas o ambiente de coleta, nota-se uma forte sobreposição das características entre os ambientes.