

**Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC  
Centro de Ciências Biológicas  
Departamento de Botânica  
Laboratório de Anatomia Vegetal  
BIO 5156 – Estágio II**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**Morfoanatomia de órgãos vegetativos da  
reófito *Dyckia distachya* Hassler  
(Bromeliaceae)**

**Acadêmica: Caroline Heinig Voltolini**

**Orientadora: Profa. Dra. Marisa Santos**

**Florianópolis, fevereiro de 2007**

## **Agradecimentos**

À minha família, queridos pai, mãe e irmão, tão importantes em minha vida. Agradeço a vocês por todo o amor e eterna compreensão por nossos momentos de convivência breves, porém, intensos.

À professora Dra. Marisa Santos, pela orientação, praticamente por todo o período de graduação. Por toda a ajuda, dedicação e todos os momentos riquíssimos de aprendizagem.

Ao professor Dr. Ademir Reis, pelo auxílio e sugestões.

Aos professores de Ciências Biológicas UFSC, grande reconhecimento e valorização por seu trabalho.

Aos colegas de laboratório Sérgio, Ghislaine e Narah. Por nossas conversas construtivas sobre anatomia vegetal e sobre a vida.

E a todos os meus amigos, que com apenas um sorriso fazem meu dia-a-dia mais feliz. Obrigada por existirem e espero novos desafios e grande felicidade para todos vocês!

## RESUMO

O grupo biológico das reófitas compreende espécies de plantas que na natureza ocorrem exclusivamente às margens de rios de fluxo rápido e encachoeirados, que sofrem inundações bruscas regulares. Reófitas necessitam adaptações e especializações para sobrevivência neste ambiente com variações extremas de exposição solar (vazantes) e submersão (cheias). Populações naturais de *Dyckia distachya* encontram-se extintas no território brasileiro em decorrência da construção de hidrelétricas. O presente estudo investiga a anatomia de folhas e raízes adventícias de *D. distachya*, relacionando com as necessidades do hábitat reofítico. Foram usadas folhas e raízes adventícias de amostras de três populações provenientes dos Rios Pelotas e Uruguai, de plantas jovens e adultas, acondicionadas em casa de vegetação. Foram utilizadas amostras *in vivo*, para análises histoquímicas, e fixadas, para confeccionar lâminas permanentes. As amostras fixadas em glutaraldeído 2,5%, tampão fosfato de sódio 0,1M, pH 7,2, desidratadas em série etílica foram infiltradas em historresina, seccionadas e coradas com azul de toluidina ou fuccina básica e azul de astra, para análise em microscópio óptico. As folhas de *D. distachya* têm forma lanceolada, com bordos serrados e são constituídas por lâmina e bainha. A epiderme da lâmina foliar tem: membrana cuticular espessa; células com paredes espessas e lignificadas, exceto a periclinal externa; e corpos silicosos no lume. Estômatos tetracíticos, em depressões, são protegidos por tricomas peltados; ambos restritos às zonas intercostais, na face abaxial. Características epidérmicas sugerem vantagem quanto à perda hídrica durante as trocas gasosas, em períodos de vazantes. O mesófilo é formado por: hipoderme constituída por fibras septadas ao longo da face adaxial e regiões costais abaxiais e esclereides nas regiões intercostais abaxiais; hidrênquima, tecido mais amplo; clorênquima localizado adaxialmente aos feixes vasculares colaterais; e aerênquima, em comunicação direta com os estômatos. Não foram observados estômatos e tricomas na bainha foliar de *D. distachya*. As raízes de *D. distachya* são constituídas por: epiderme, córtex e cilindro central. A epiderme é uniestratificada e, no decorrer da diferenciação, expandem-se os pêlos absorventes. O córtex é formado por exoderme, parênquima, anel esclerenquimático e endoderme. A exoderme possui células lignificadas e suberizadas. O parênquima é intercalado por anel esclerenquimático, na porção mais interna têm amplos espaços intercelulares lisígenos. A endoderme tem estrias de Caspary, indistintas após o espessamento em "O" ou "U" das paredes celulares. Nas fases mais iniciais do desenvolvimento a endoderme mostra características meristemáticas. O cilindro central da raiz de *D. distachya* é delimitado externamente por periciclo. A raízes são poliarcas e a medula possui região central, com células espessadas, delimitada externamente por amplos espaços intercelulares. *D. distachya* possui características xeromorfas e hidromorfas que podem ser relacionadas com as necessidades impostas pelos períodos de vazante e cheias do rio, respectivamente.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>II</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
Objetivos específicos .....	7
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>8</b>
<b>4.1. Material de estudo</b> .....	<b>8</b>
<b>4.2. Preparação do Material e Procedimentos de Análise</b> .....	<b>9</b>
4.2.1. Obtenção de dados qualitativos .....	9
4.2.1.1. Preparação de amostras <i>in vivo</i> .....	9
4.2.1.2. Preparação de amostras fixadas.....	9
4.2.1.3. Análise e registro de dados qualitativos.....	10
4.2.2. Obtenção de dados quantitativos .....	10
4.2.2.1. Área e Índice Foliar .....	10
4.2.2.2. Densidade estomática .....	11
4.2.2.3. Dimensões das células-guarda e do poro estomático .....	12
4.2.2.4. Espessuras da lâmina foliar e estruturas constituintes .....	12
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>5.1. Descrição geral da espécie</b> .....	<b>13</b>
<b>5.2. Folha</b> .....	<b>13</b>
5.2.1. Morfologia .....	13
5.2.2. Anatomia .....	15
5.2.2.1. Lâmina foliar .....	15
5.2.2.2. Bainha Foliar.....	23
<b>5.3. Raiz</b> .....	<b>24</b>
5.3.1. Morfologia .....	24
5.3.2. Anatomia .....	25
<b>5.4. Características morfoanatômicas relacionadas à adaptação ao hábitat reofítico</b> .....	<b>30</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>32</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>33</b>
<b>8. ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>40</b>

# 1. INTRODUÇÃO

As reófitas são espécies de plantas que na natureza ocorrem exclusivamente às margens de rios de fluxo rápido e encachoeirados, que sofrem enchentes repentinas freqüentes (Van Steenis 1981). Este autor considera as reófitas como um grupo biológico, pois independente de existir relação sistemática, estas espécies compartilham ambiente ecológico restrito, adaptações e especializações similares. Acrescenta, ainda, que estas plantas são cosmopolitas e ocorrem com maior abundância nos trópicos e sub-trópicos.

Segundo Van Steenis (1981), as reófitas perenes, na maioria das vezes lenhosas e adaptadas a resistir às correntezas rápidas e violentas, quando os rios estão em cheias, possuem características gerais em comum, as quais permitem a sobrevivência neste ambiente. As plantas pertencentes a este grupo biológico têm: sistema radicular, bem desenvolvido, que permite aderência às rochas, efetuando proteção contra cascalhos e seixos rolados; caules flexíveis, porém resistentes às tensões geradas por correntezas; folhas ou folíolos lanceolados ou estreitos, estenófilos, oferecendo menor resistência ao fluxo veloz; peculiaridades quanto à reprodução, fenologia e dispersão (Klein 1979, Van Steenis 1981 e 1987).

Klein (1979) e Van Steenis (1981) relatam aspectos morfológicos e ecológicos deste grupo. O conhecimento da anatomia das espécies reofíticas está limitado a alguns trabalhos com pteridófitas asiáticas (Kato & Imaichi 1992a, 1992b; Imaichi & Kato 1992, 1993; Usukura *et al.* 1994 e Tsukaya 2002), com espécies sul-brasileiras arbóreas (Arioli *et al.* 2005; Arioli 2006) e uma Bromeliaceae (Lobo & Santos 2005).

As famílias Euphorbiaceae, Leguminosae e Myrtaceae, conforme Klein (1979), são as mais ricamente representadas entre as reófitas no Sul do Brasil. O autor acrescenta que os hábitos predominantes são ervas perenes (*Dyckia* Schult. f., *Chaptalia* Vent. e *Fimbristylis* Vahl) ou arbustos (*Phyllanthus* L., *Calliandra* Benth. e *Raulinoa* R.S. Cowan) e às vezes árvores (*Terminalia* L., *Inga* Mill., *Sebastiania* Spreng. e *Salix* L.). Dentre as reófitas terrestres herbáceas e perenes, algumas se caracterizam por crescimento em tufos, as quais estão

ancoradas às rochas por suas raízes (Van Steenis 1981), como é o caso de representantes de Bromeliaceae (Klein 1979).

A família Bromeliaceae possui distribuição quase exclusiva às regiões tropicais e temperadas quentes das Américas, exceto por *Pitcairnia feliciana* (A. Chev.) Harms & Mildbr. encontrada no continente Africano (Judd 1999; Benzing 2000); no Brasil ocorrem cerca de 40 gêneros e 1200 espécies (Souza & Lorenzi 2005). Esta família está composta por três subfamílias: Pitcairnioideae, Tillandsioideae e Bromelioideae (Smith & Downs 1974). O gênero *Dyckia* pertence à Pitcairnioideae (Dahlgren 1985), sendo constituído por 103 espécies (Smith & Downs 1974), as quais estão dispersas pela América do Sul, especialmente no Brasil Central, Sudeste e Sul (Reitz 1983). Em Santa Catarina ocorrem 12 espécies (Reitz 1983), entre elas, *D. brevifolia* Baker, *D. distachya* Hassler e *D. ibiramensis* Reitz, citadas por Klein (1979) como reófitas herbáceas.

A maioria das espécies de bromélias tem aspecto rosetado, com caules curtos e folhas próximas e justapostas; as raízes são adventícias (Benzing 1980). Histologicamente, destacam-se, em bromeliaceae: meristema foliar intercalar de vida curta, representado por uma banda de tecido embrionário posicionado na base de cada folha imatura; escamas peltadas; características especiais do aparelho estomático; tecidos mecânicos de suporte, com esclerênquima bem desenvolvido; e tecidos mesofílicos de armazenamento de água (Tomlinson 1969; Benzing 1980).

Algumas características estruturais, ressalta Tomlinson (1969), estão correlacionadas com a tendência ecológica xeromórfica. De acordo com este autor, com base no grau de xerofitismo que cada forma exhibe, as bromeliáceas mais primitivas (Pitcairnioideae, incluindo *Dyckia*), descritas como xerófitas terrestres, absorvem água pelas raízes e suas escamas não-especializadas estão amplamente associadas com estômatos em sulcos abaxiais, servindo simplesmente para reduzir a transpiração. Menciona também que as folhas são geralmente impermeáveis, com espinhos marginais e com tecidos de armazenagem hídrica bem desenvolvidos.

As adaptações que habilitam uma planta a sobreviver num determinado ambiente, resultam das contínuas pressões seletivas das condições ambientais e podem estar manifestadas estruturalmente em seus aspectos morfológicos e

anatômicos (Eames & MacDaniels 1947, Roth 1976; Metcalfe 1983, Fahn & Cutler 1992, Dickison 2000). Muitas evidências têm sido descritas nas investigações estruturais e fisiológicas relacionando os grupos biológicos com seu hábitat (Sculthorpe 1967, Napp-Zinn 1984, Fahn & Cutler 1992, Lambers *et al.* 1998).

Plantas adaptadas a habitats com disponibilidades hídricas distintas podem estar associadas à presença de características estruturais diferentes (Esau 1976). A folha é o órgão mais variável anatomicamente e conseqüentemente utilizado como um indicador das condições ambientais (Dickison 2000). As folhas podem possuir algumas características xeromorfas que ajudam a tolerar a desidratação e o estresse hídrico, tais como: cutícula e paredes das células epidérmicas espessadas; estômatos em depressões; aumento da densidade de tricomas e de estômatos; mesofilo compacto; tecido de armazenagem de água bem desenvolvido, com mucilagem associada; esclerênquima, geralmente, bem desenvolvido (Napp-Zinn 1984, Fahn & Cutler 1992, Altesor *et al.* 1994, Lambers *et al.* 1998, Dickison 2000). Ao contrário, folhas de plantas onde o suprimento hídrico não é um fator limitante, podem ter características hidromorfas que favorecem a evaporação e a reserva de ar, como: cutícula e paredes das células epidérmicas delgadas; estômatos em número reduzidos ou ausentes, elevados na superfície, quando presentes; aerênquima bem desenvolvido; redução de esclerênquima (Sculthorpe 1967, Napp-Zinn 1984, Lambers *et al.* 1998, Dickison 2000). Como o ambiente reofítico engloba condições xéricas e hídricas, em decorrências das freqüentes vazantes e cheias do rio, as reófitas devem dispor de adaptações morfoanatômicas e fisiológicas para sobreviver nestas condições ambientais peculiares.

Entretanto, a investigação estrutural, visando reconhecer as relações das características morfoanatômicas com o hábitat, necessitam, para adequada identificação, da análise da ontogênese do tecido ou mesmo do órgão como um todo. A correta identificação (denominação da estrutura), muitas vezes, torna-se indispensável para estudos aplicados, especialmente aqueles que dependem da potencialidade meristemática de determinados tecidos que servirão, por exemplo, para propagação vegetativa. Além disso, o estudo ontogenético tem se mostrado necessário para caracterizar a estrutura estomática, pouco conhecida entre as

espécies de *Dyckia*. Tomlinson (1969) menciona três classes de estruturas estomáticas entre as Bromeliaceae, correspondendo às diferenças funcionais. O autor inclui uma espécie de *Dyckia* (*D. fosteriana* L.B.Sm.) na classe mais especializada. Outro aspecto relevante da investigação ontogenética relaciona-se aos tecidos das raízes. Alguns autores, como por exemplo Pita & Menezes (2002), sugerem a ocorrência de velame, nas raízes de algumas Bromeliaceae, mantendo um estrato externo com pêlos absorventes. Apesar de escassa literatura para anatomia de Bromeliaceae, os aprofundados trabalhos descritivos e ontogenéticos de Krauss (1948, 1949a, 1949b), com a espécie de bromélia *Ananas comosus* (L.) Merr. (abacaxi), contribuem consistentemente.

*Dyckia distachya* (gravatá), segundo Reitz (1983), é uma bromélia reófito rupestre, adaptada às variações extremas de cheias e vazantes, sendo característica e exclusiva das ilhas ou margens rochosas das corredeiras do Rio Uruguai no Sul do Brasil. O autor ainda refere que esta espécie é heliófila ou de luz difusa e possui folhas dispostas em roseta, com lâmina rija e espinhos aduncos nas margens.

O tipo da espécie *Dyckia distachya* de 1919 foi coletado no Alto Rio Paraná, no Paraguai, entretanto, as primeiras indicações para o território brasileiro, datam de 1951, com as pesquisas da equipe do Herbário Barbosa Rodrigues, no Vale do Rio Uruguai (Reitz 1983). Klein (1992, *apud* Reis *et al.* 2005) sugere incluir *D. distachya* entre as espécies em perigo de extinção. Esclarece que a espécie tem dispersão restrita, irregular e descontínua. Salienta, ainda, que como consequência da formação do Lago da Barragem de Itaipu, desapareceram as populações localizadas ao longo do Rio Paraná e, somando-se a isto, com a previsão de construções das barragens no Rio Uruguai, considera improvável a sobrevivência da espécie. *D. distachya* consta da Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção pela Portaria Nº. 37-N, de 3 de abril de 1.992, sendo considerada como “em perigo de extinção” (IBAMA 2006). As Hidrelétricas de Itá e Machadinho, no Rio Uruguai, conforme Reis *et al.* (2005), inundaram parte das populações naturais da espécie. Estes pesquisadores realizaram expedições no Rio Uruguai (no Estreito de Augusto César e ao longo do rio) e no Rio Pelotas. No Estreito, foram verificados os locais de re-introdução de *Dyckia distachya* sob responsabilidade da Usina Hidrelétrica



de Itá. Ao longo do Rio Uruguai observaram um agrupamento de rosetas no Salto do Yucumã, Parque Estadual do Turvo, e outros agrupamentos maiores no lado argentino. No Rio Pelotas constataram populações brasileiras naturais desta espécie. Posteriormente, a estas constatações e com a implementação da Hidrelétrica de Barra Grande desapareceram as últimas populações de *D. distachya* em ambiente natural no Brasil. Entretanto, antes das inundações, foram colhidas amostras de três populações, como testemunho, provenientes dos Rios Uruguai e Pelotas, sendo estas cultivadas em casa de vegetação.

O presente estudo visa analisar as características morfoanatômicas da reófito *D. distachya*, com base nas amostras testemunhas das populações brasileiras. Os dados poderão esclarecer quais características possibilitam o estabelecimento e a sobrevivência da espécie no ambiente reofítico.

## 2. JUSTIFICATIVA

Muitas dúvidas permanecem em termos de adaptação das reófitas a um ambiente com condições tão peculiares, nas quais as margens rochosas de rios com fluxo rápido estão sujeitos a enchentes freqüentes. As reófitas devido à alta especialização e à adaptação a viver nestes ambientes adversos contribuem de modo fundamental para evitar ou diminuir a erosão nas margens dos rios (Klein 1979).

Populações naturais de *D. distachya* ocorrem em áreas de rios que apresentam potencial hidrelétrico, atrativo de interesses diversos, que poderão promover a descaracterização do ambiente e a conseqüente extinção destas espécies naturalmente estabelecidas. Atualmente, populações naturais de *D. distachya* encontram-se extintas no Brasil devido a influências antrópicas, principalmente desmatamento nas margens dos rios e construção de barragens e Usinas Hidrelétricas.

Maior compreensão, através de estudos com reófitas, pode facilitar ações como repovoamento de vegetação ribeirinha devastada (Klein 1979).

Mediante a escassez de pesquisas com o grupo biológico reófitas e a ausência de estudos na área de anatomia vegetal para a espécie *D. distachya*, contribuições providas do estudo morfoanatômico serão relevantes para o melhor entendimento da espécie e conseqüentemente das adaptações das reófitas a este ambiente.

Além destes aspectos, dados estruturais e morfométricos têm tido relevância na caracterização das espécies de *Dyckia* (Tomlinson 1969). Como este estudo faz parte de projeto mais amplo ("Morfoanatomia das Reófitas do Estado de Santa Catarina"), incluindo espécies reofíticas de *Dyckia* de Santa Catarina, a descrição detalhada de órgãos vegetativos, considerando estrutura e morfometria de cada uma das espécies, poderá subsidiar reconhecimento de plantas jovens em ambientes naturais.

### 3. OBJETIVOS

Caracterizar a morfoanatomia de órgãos vegetativos, folhas e raízes adventícias, de *Dyckia distachya*, buscando relacionar as estruturas com as adaptações da espécie ao hábitat reofítico.

#### Objetivos específicos

- Caracterizar morfológica e histologicamente a folha e as raízes adventícias;
- Determinar dados morfométricos: área e índice foliar, densidade estomática, comprimento e largura das células-guarda e do poro estomático, espessura da lâmina foliar e dos tecidos constituintes;
- Investigar a ontogênese de tecidos da folha e da raiz adventícia;
- Inferir sobre aspectos ecofisiológicos, com base nos dados obtidos, que possibilitam a espécie *Dyckia distachya* adaptar-se ao hábitat reofítico.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material de estudo

Foram utilizadas amostras de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) cultivadas na Casa de Vegetação do Departamento de Botânica-CCB-UFSC. Estas amostras foram retiradas de ambiente natural, do Rio Uruguai (população Itá) e do Rio Pelotas (populações Encanados e Encanadinhos) (Figs. 1-2).

Para o estudo das estruturas vegetativas (raízes adventícias e folhas) de *D. distachya* (Figs. 3-4), foram usados indivíduos das três populações, assegurando uma diversidade amostral da espécie. As coletas para o estudo foram feitas de modo a reduzir, na medida do possível, os danos às rosetas. As amostras foram retiradas de plantas adultas (rosetas com grande número de folhas e que já floresceram – Fig. 4) e de plantas jovens (rosetas de pequeno tamanho, com cerca de um ano, e com poucas folhas – Fig. 4).

Reitz (1983) descreve as características da espécie como sendo uma reófito, rupestre, heliófito ou de luz difusa. As folhas estão dispostas em roseta. A lâmina foliar é rija, com 4 mm de espessura, 12-18 cm de comprimento e largura reduzindo no sentido base-ápice (25 mm na base, 16 mm no meio) determinando forma triangulado-agudo, acanalada-côncava especialmente para o ápice. No bordo tem espinhos aduncos, com ponta agudíssima, virados para cima. O ápice termina em espinho forte e pungentíssimo. A lâmina é glabra por cima e alvo-escamada entre as nervuras longitudinais do lado inferior como também na margem entre os espinhos. A bainha tem 6 cm de largura e 4 cm de comprimento, quase orbicular, branca na base, castanha no ápice, escamada por cima, glabra por baixo.

Esta espécie assemelha-se muito com outra, do mesmo gênero, *D. brevifolia*, também reófito. Segundo Smith & Downs (1974), a principal diferença morfológica entre estas espécies encontra-se no tamanho da bráctea da inflorescência em relação aos outros verticilos florais, sendo em *D. distachya* menor que as sépalas, enquanto em *D. brevifolia* maior que as pétalas.

## **4.2. Preparação do Material e Procedimentos de Análise**

### **4.2.1. Obtenção de dados qualitativos**

Folhas totalmente expandidas, considerados os terços médios da lâmina e da bainha, foram seccionadas paradérmica, transversal e longitudinalmente na porção central entre bordos. Também foram feitas secções transversais no bordo foliar, apenas no terço médio da lâmina foliar. Para determinar origem dos tecidos foram seccionadas diferentes regiões de folhas jovens e/ou primórdios foliares.

Raízes adventícias foram seccionadas transversal e longitudinalmente na região apical, buscando a origem dos tecidos, e em regiões já com total diferenciação dos tecidos. Para retirada de material sólido aderido às raízes, foi utilizado aparelho de ultrassom, Maxiclean 750, por 10 minutos.

#### **4.2.1.1. Preparação de amostras *in vivo***

Foram feitas secções à mão-livre nas amostras, com auxílio de lâmina de barbear, para confecção de lâminas temporárias, com água, e semipermanentes, com gelatina-glicerinada (Kaiser 1880, *apud* Kraus & Arduin 1997).

Foram feitos testes histoquímicos para a detecção da natureza química: reativo de Steimetz, para suberina, lignina, cutina, celulose, mucilagem, amido e compostos fenólicos (Costa 1982); cloreto férrico, para compostos fenólicos (Costa 1982); Sudan IV, para óleos e cutina (Costa 1982); floroglucinol acidificado, para lignina (Costa 1982); tionina, para mucilagem (Purvis *et al.* 1964, *apud* Kraus & Arduin 1997); iodo/iodeto de potássio, para proteínas ou alcalóides (Johansen 1940); ácido clorídrico, para cristais de oxalato de cálcio (Evans 1989); e coomassie, para proteínas (Gahan 1984).

#### **4.2.1.2. Preparação de amostras fixadas**

Pequenas amostras foram fixadas em glutaraldeído 2,5%, em tampão fosfato de sódio 0,1M, em pH 7,2, por 3 horas. Após o material foi lavado, por 3 vezes em tampão fosfato de sódio e, a seguir, desidratado em série etílica gradual. Após a desidratação algumas amostras foram infiltradas em historresina (hidroxietilmetacrilato, *Jung's Historesin* – marca Leica), para confecção de lâminas permanentes. O material foi desidratado até etanol 96<sup>o</sup>GL, mantido por

pelo menos 12 horas em solução de pré-infiltração e 2 horas em solução de infiltração, para posterior montagem dos blocos utilizando a solução endurecedora, conforme instruções do fabricante. Desde o processo de fixação até a infiltração, as amostras foram mantidas em vácuo.

Blocos de historresina, contendo o material, foram seccionados com 8  $\mu\text{m}$  de espessura, em micrótomo de rotação Leica — RM 2125 RT. As secções foram distendidas sobre lâminas contendo água, em chapa aquecedora (40°C). Após a secagem das lâminas, o material foi corado com azul de toluidina 0,25% aquoso (Ruzin 1999) ou com Fuccina Básica e Azul de Astra (Alquini & Brito 1996).

#### **4.2.1.3. Análise e registro de dados qualitativos**

As observações foram feitas em microscópio óptico (MO), marca Zeiss-Jena, modelo Loboal 4. Representações esquemáticas foram realizadas no mesmo microscópio com auxílio de câmara clara. Imagens macroscópicas foram feitas com câmera digital Sony P92. A mesma câmera foi usada para captura de imagens em microscópio óptico Leica MPS 30 DMLS, no Laboratório de Anatomia Vegetal da UFSC.

#### **4.2.2. Obtenção de dados quantitativos**

Para todos estudos quantitativos foi determinado o número mínimo amostral pela equação  $n=(t^2 \cdot s^2) \cdot d^{-2}$ , onde “*t*” é dado pela tabela de Student (considerando *n*-1, para significância de 0,05), “*s*” é o desvio padrão e “*d*” é igual a  $E/100 \cdot \text{média}$ , onde  $E=15$  para 15% de probabilidade, valor considerado satisfatório (Sokal & Rohlf 1969).

Para determinação destes dados, com exceção da área e índice foliar, foram utilizadas as amostras do terço médio da lâmina foliar.

##### **4.2.2.1. Área e Índice Foliar**

A determinação da área e do índice foliar foi realizada utilizando 24 folhas, retiradas de indivíduos das três populações.

Para avaliar a área foliar média, de cada folha, foi feito o contorno da face adaxial da lâmina foliar em papel com densidade constante (tamanho ofício padrão 75g/m<sup>2</sup>). Os moldes foram recortados e medidos em balança digital. A

massa destes moldes foi relacionada com a massa de área conhecida em  $\text{cm}^2$  do mesmo papel, para a determinação da área foliar em  $\text{cm}^2$ .

O índice foliar (IF) foi calculado pela equação:  $IF = C/L$ , onde “C” é o comprimento e “L” é a largura da lâmina foliar (Van Steenis 1987). Para tanto, foram medidas as dimensões da lâmina foliar: comprimento ( $C =$  eixo longitudinal, desde a base até o ápice) e largura ( $L =$  eixo transversal, de bordo a bordo, na região média).

#### **4.2.2.2.Densidade estomática**

A contagem do número de estômatos por área foi feita em microscópio óptico, utilizando lâminas semipermanentes para observações, em vista frontal, da superfície epidérmica.

As secções paradérmicas, em material *in vivo*, foram realizadas à mão-livre com auxílio de lâmina de barbear. Para isolamento do tecido epidérmico foliar de *D. distachya*, os tecidos subjacentes, em especial os feixes de fibras costais (responsáveis por elevações da superfície epidérmica), foram totalmente retirados, de maneira a possibilitar o nivelamento do tecido epidérmico (Lobo 2006 – comunicação pessoal). Também foi feita uma raspagem, com lâmina de barbear, sob lupa de mesa, na superfície externa, nas zonas intercostais, de modo a eliminar as células periféricas dos escudos dos tricomas, que encobrem os estômatos.

Para determinar a densidade estomática média por  $\text{mm}^2$  da folha, as imagens foram projetadas, com auxílio de câmara clara acoplada ao microscópio óptico, marca Zeiss-Jena, modelo Loboal 4, sobre área delimitada conhecida. Inicialmente avaliou-se, em menor ampliação (32x), a área ocupada por zonas costais e intercostais em  $4 \text{ mm}^2$ . A seguir foi analisado o número de estômatos, em área determinada de zonas intercostais, em maior ampliação (400x). Foi calculado o número total de estômatos na área ocupada por zonas intercostais dentro da área total pré-estabelecida (em  $4 \text{ mm}^2$ ). Para estimar o número de estômatos por  $\text{mm}^2$  da folha (incluindo zonas costais e intercostais), foi determinada a razão entre o número total de estômatos das zonas intercostais pela área total pré-estabelecida.

#### **4.2.2.3. Dimensões das células-guarda e do poro estomático**

A determinação das dimensões das células-guarda foi feita considerando o comprimento (eixo longitudinal, entre os dois pólos da célula) e largura (eixo transversal, na porção média da célula), quando em vista frontal, da superfície epidérmica.

Para a determinação das dimensões do poro também foi considerado o eixo longitudinal e o transversal do poro entre as duas células-guarda, quando em vista frontal da superfície epidérmica.

Foi utilizado o mesmo material referido no item anterior (4.2.2.2). As imagens também foram projetadas sobre papel, com auxílio de câmara clara acoplada ao microscópio óptico. As dimensões foram determinadas com régua milimetrada e aferidas com escala micrometrada, para apresentação dos dados em micrômetros.

#### **4.2.2.4. Espessuras da lâmina foliar e estruturas constituintes**

Foram determinadas as espessuras da membrana cuticular, da epiderme, do mesofilo e tecidos constituintes do mesmo. Este estudo foi feito em secções transversais em lâminas permanentes conforme descrito no item 4.2.1.2.

As imagens das secções transversais da lâmina foliar foram projetadas em folha de papel, com auxílio de câmara clara acoplada em microscópio óptico, marca Zeiss-Jena, modelo Loboal 4. Os limites de abrangência das estruturas foram delimitados e as medições foram aferidas com escala micrométrica, de modo a apresentar os resultados em micrômetros.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Descrição geral da espécie

Os indivíduos de *Dyckia distachya* são constituídos por folhas simples, dispostas em roseta, fixas em um caule, com entrenós muito curtos, e com raízes adventícias (Figs. 5-6). A filotaxia espiralada é uma das características da família Bromeliaceae (Dahlgren *et al.* 1985).

### 5.2. Folha

#### 5.2.1. Morfologia

As folhas de *D. distachya* são constituídas por lâmina e bainha (Figs. 7-8). A lâmina foliar é simétrica, apresentando margem com curvatura levemente convexa, em relação ao eixo central da folha. A bainha foliar é côncava e possui aparência esbranquiçada, o que resulta da sobreposição das sucessivas folhas, as quais impedem a penetração de luz. A superfície abaxial da lâmina foliar mostra-se estriada, com saliências e reentrâncias, fato que não ocorre na superfície adaxial e em nenhuma das duas faces da bainha foliar.

Conforme dados de literatura (Hickey 1979, Souza 2003), referentes à arquitetura das folhas, constata-se que a lâmina de *D. distachya* possui formato estreito e alongado, com ápice agudo, margens serreadas e base truncada. No ápice e nas margens ocorrem estruturas pontiagudas rígidas, fato que leva a freqüente caracterização das folhas como sendo espinhosas. De acordo com os tipos de serreação propostos por Hickey (1979), verifica-se que estas estruturas marginais são convexas no lado basal e côncavas no lado apical (Fig. 9). Todas características correspondem às referências feitas por Reitz (1983), para a espécie em estudo, salientando-se, inclusive, que o autor menciona o fato do bordo das folhas apresentar espinhos aduncos, com ponta agudíssima, virados para cima, e o ápice termina em espinho forte e pungentíssimo.

O acúleo e o espinho são macroscopicamente semelhantes, pois se tratam de elementos pontiagudos na superfície de órgãos das plantas (Ferri *et al.* 1978). Porém, o primeiro é uma estrutura exclusivamente epidérmica, que se destaca facilmente da planta, enquanto o segundo pode ser resultante da modificação de um ramo, uma folha, uma estípula ou uma raiz, possuindo

vascularização e permanecendo firmemente aderido a planta (Ferri *et al.* 1978, Font-Quer 1982). Entretanto, se nos reportarmos à origem dos tecidos vegetais (Esau 1959, Mauseth 1988, Beck 2005), considerando que os tecidos epidérmicos provem da túnica (protoderme) e os demais tecidos internos do corpo (promeristema, meristema fundamental e procâmbio), poderemos caracterizar acúleos como de origem da túnica e espinho com origem mista, ou seja, da túnica e do corpo. Assim, desvincularíamos a ocorrência de vascularização como determinante para caracterizar uma estrutura como espinho. As estruturas pontiagudas localizadas nas margens foliares de *D. distachya*, não são totalmente formadas pela epiderme (tecido originado a partir da protoderme), contêm, também, internamente, fibras (derivadas do meristema fundamental). Neste caso, por exemplo, interpretaríamos como sendo uma estrutura intermediária entre acúleo e espinho, porém com base nesta proposta, podemos definí-la como se tratando realmente de espinhos, termo tradicionalmente adotado na literatura, para Bromeliaceae.

As lâminas foliares de *D. distachya* têm uma área de  $9,99 \pm 2,06 \text{ cm}^2$ , com  $7,26 \pm 0,84 \text{ cm}$  de comprimento e  $1,33 \pm 0,18 \text{ cm}$  de largura. O índice foliar é  $5,52 \pm 0,8$ , esta relação entre comprimento e largura confere um caráter estenófilo. As reófitas, conforme Van Steenis (1981, 1987), geralmente são estenófilas, ou seja, possuem índices foliares altos, superiores a quatro. O autor sugere que esta é uma característica funcional que auxilia na resistência da folha à correnteza da água. Cabe ressaltar, que esta forma lanceolada (estreita e alongada) é uma característica presente em folhas de Bromeliaceae (Benzing 1980), entretanto, isto pode favorecer a sobrevivência de *D. distachya* no ambiente reofítico.

As folhas de *D. distachya* têm venação paralelodroma, conforme a classificação de Hickey (1979). A nervação paralela é uma das características das monocotiledôneas (Judd *et al.* 1999).

## 5.2.2. Anatomia

### 5.2.2.1. Lâmina foliar

A lâmina foliar de *D. distachya* é dorsiventral, hipoestomática, sendo constituída por epiderme, esclerênquima, hidrênquima, clorênquima, aerênquima e feixes vasculares. Na região média, a lâmina tem cerca de 3 mm de espessura, sendo que o hidrênquima é o tecido com maior espessura (Tab. 1).

**Tabela 1.** Espessuras, em  $\mu\text{m}$ , da lâmina foliar de *D. distachya* e das estruturas constituintes

<b>Estruturas</b>	<b>espessura em <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>LÂMINA FOLIAR</b>	3146,20 $\pm$ 472,33
<b>Estrato de fibras na face adaxial</b>	48,47 $\pm$ 20,9
<b>Estrato de fibras na face abaxial</b>	57,26 $\pm$ 12,58
<b>Epiderme adaxial</b>	14,00 $\pm$ 3,39
membrana cuticular	4,53 $\pm$ 1,66
célula epidérmica (lume+parede)	9,47 $\pm$ 2,49
<b>Epiderme abaxial</b>	11,89 $\pm$ 2,37
membrana cuticular	3,74 $\pm$ 1,25
célula epidérmica (lume+parede)	8,16 $\pm$ 1,76
<b>Hidrênquima</b>	
face adaxial	2393,57 $\pm$ 467,42
face abaxial	507,60 $\pm$ 116,05
<b>Aerênquima</b>	635,09 $\pm$ 238,82
<b>Clorênquima</b>	242,69 $\pm$ 82,84

Nota: n=38.

A epiderme é uniestratificada (Figs. 10-14), com membrana cuticular espessa em ambas faces foliares. As paredes celulares anticlinais e periclinais internas são espessadas e lignificadas. As células epidérmicas das bromeliáceas possuem paredes periclinais internas mais espessadas que as externas (Tomlinson 1969).

Em vista frontal (Figs. 15-22), as células epidérmicas possuem forma tendendo a retangular, com o eixo maior no sentido ápice-base da folha, e paredes anticlinais sinuosas. Esta sinuosidade já ocorre quando o primórdio foliar inicia a diferenciação das células protodérmicas. A marcada sinuosidade destas paredes é mencionada por Tomlinson (1969), para as bromeliáceas. Na face abaxial é possível distinguir faixas paralelas (Figs. 16-18), alternando saliências e reentrâncias, as quais correspondem às zonas costais e intercostais, respectivamente. Na região média da lâmina foliar, a largura das zonas costais corresponde a  $0,18 \pm 0,07$  mm e das zonas intercostais a  $0,20 \pm 0,05$  mm. Na face adaxial de folhas maduras, ocorrem somente células epidérmicas ordinárias (Figs. 15, 21-22), assim como nas zonas costais da face abaxial (Figs. 16-18). Nas zonas intercostais da face abaxial (Figs. 16-18, 20, 23) entre as células epidérmicas ordinárias, com maior irregularidade no formato, encontram-se estômatos e tricomas.

Na lâmina foliar de *D. distachya* ocorrem  $176,05 \pm 35,62$  estômatos/mm<sup>2</sup>, os quais encontram-se orientados longitudinalmente no órgão, nas depressões das zonas intercostais (Fig. 24), porém em distribuição aleatória, ou seja, sem alinhamento ordenado (Figs. 18, 20). Esau (1959), por exemplo, refere que nas folhas paralelinérvias, como nas monocotiledôneas e coníferas, os estômatos dispõem-se em fileiras paralelas. Tomlinson (1969) ressalta que os estômatos em Bromeliaceae freqüentemente estão restritos a sulcos epidérmicos.

As células-guarda de *D. distachya* são levemente elevadas e curvadas em relação as células epidérmicas circundantes, devido à invaginação da epiderme (Figs. 25-27). Este fato é semelhante ao que ocorre na espécie *D. floribunda* descrita por Chodat e Vischer (1916, *apud* Tomlinson 1969). As células-guarda têm  $20,01 \pm 1,97$  µm de comprimento e  $8,31 \pm 1,32$  µm de largura. O poro estomático tem  $11,14 \pm 1,73$  µm de comprimento e  $5,10 \pm 1,30$  µm de largura.

A depressão epidérmica individualizada de cada estômato dificulta a identificação do tipo de estômato, bem como a obtenção de imagens nítidas em vista frontal utilizando microscopia óptica (Figs. 20, 23). Entretanto, a análise cuidadosa com movimentação do parafuso micrométrico, com amostras em secções paradérmicas (Fig. 23), e associações de secções transversais (Fig. 25,

27) e transverso-longitudinais (Fig. 26), possibilita reconhecer a presença de quatro células subsidiárias, caracterizando, assim, o estômato como do tipo tetracítico. Há duas células subsidiárias laterais, posicionadas abaixo do nível das células-guarda (Figs. 25-27), e duas células subsidiárias polares (Fig. 26). Estas células polares parecem ser pequenas, quando em vista frontal (Fig. 23) e transverso-longitudinal (Fig. 26). Porém, analisando uma secção paradérmica, com vista do interior para o exterior (Figs. 28-29), constata-se que as quatro células subsidiárias têm tamanhos similares. Chodat e Vischer (1916, *apud* Tomlinson 1969) referem a ocorrência de células subsidiárias laterais em *D floribunda*. Estômatos constituídos por quatro células subsidiárias, duas laterais e duas polares, são descritos por Krauss (1949a) ao analisar a ontogênese das folhas de *Ananas comosus*, outra espécie Bromeliaceae.

Células-guarda no mesmo nível das demais células epidérmicas, ou seja, estômatos não-especializados são raros entre as Bromeliaceae (Tomlinson 1969). A maioria das espécies, conforme o autor, pertence à duas linhas distintas. Numa linha, estômatos com células-guarda geralmente mais afundadas que as demais células epidérmicas, por vezes parecendo elevados pela posição arqueada das células-guarda sobre as células subsidiárias, e células subestomáticas modificadas com lobos projetados em direção à câmara subestomática. Na outra linha, mais especializada, a estrutura estomática está em depressão, mas as células subsidiárias são infladas, obstruindo parcialmente a câmara subestomática e elevando as células-guarda, e vizinhas também são modificadas, acentuando a depressão. O autor ainda acrescenta que o gênero *Dyckia* possui representantes nesta última linha. Em *D. distachya*, as características do aparelho estomático, acima descritas, confirmam que a espécie enquadra-se neste tipo mais especializado.

Além da localização nas depressões das zonas intercostais e dos aprofundamentos individualizados, os estômatos estão protegidos por tricomas (Fig. 30). Especializações estomáticas são acompanhadas de especializações de outras características epidérmicas associadas com economia hídrica (Ziegenspeck 1939, *apud* Tomlinson 1969).

Nas folhas totalmente expandidas de *D. distachya* foram observados tricomas apenas na face abaxial, entretanto nas folhas jovens ocorrem tricomas também na face adaxial, porém de forma mais escassa que na outra face foliar, portanto, a face adaxial é glabrescente. Tomlinson (1969) menciona a ocorrência de tricomas em ambas as faces, em espécies de *Dyckia*, sem mencionar o estágio de desenvolvimento, mas provavelmente considera folhas totalmente expandidas em suas descrições. O autor refere que algumas bromélias apresentam tricomas restritos as bandas intercostais ou em sulcos associados com estômatos.

Os tricomas, em *D. distachya*, estão densamente arranjados nas zonas intercostais (Figs. 17) e são multicelulares, do tipo peltado, constituídos por pedúnculo e escudo (Figs. 30-31). O pedúnculo é constituído por três células, sendo uma basal menor e outras duas mais alongadas, perpendiculares a superfície do órgão, provindas de divisões periclinais. O escudo é formado por células posicionadas paralelamente a superfície foliar e composto por duas porções: o disco, parte central próxima à conexão com o pedúnculo e a ala, representada pelas expansões periféricas assimétricas, formadas por células alongadas radialmente. Os tricomas peltados, característicos de Bromeliaceae, possuem um longo pedúnculo unisseriado, totalmente imerso na epiderme e uma expansão distal protetora perpendicular à este tecido (Tomlinson 1969).

A análise dos primórdios foliares e de folhas muito jovens de *D. distachya* possibilitou constatar que a diferenciação dos tricomas ocorre no sentido acrópeto da lâmina foliar, além de esclarecer como ocorre a formação do escudo e do pedúnculo dos tricomas peltados (Figs. 32-38). Inicialmente uma célula protodérmica expande-se mais que as circundantes e divide-se periclinamente, dando origem à duas células, uma basal e outra apical. A célula basal posteriormente sofre novas divisões periclinais formando o pedúnculo do tricoma. A célula apical assume forma globosa e divide-se anticlinalmente, constituindo um ápice, agora na forma de um disco mais achatado, bicelular e depois tetracelular. Uma célula deste disco central tetracelular expande-se e através de sucessivas divisões anticlinais e alongamento das novas células formadas dá início a formação das alas. Com as células do disco central sofrendo novas divisões e

células expandindo-se e dividindo-se, as alas ampliam-se lateralmente, completando a circunferência.

Inicialmente, o disco central dos tricomas de *D. distachya* constitui-se por quatro células (Fig. 36), como registrado na literatura para Tillandsioideae (Tomlinson 1969). Porém, na espécie em estudo, com as sucessivas divisões anticlinais, o disco central assume o aspecto indefinido, ou seja, ausência de disco central, que a literatura descreve como ocorrente nas demais subfamílias, incluindo Pitcairnioideae, à qual *D. distachya* pertence. Assim, a ontogênese dos tricomas de *D. distachya* elucida o fato que leva alguns autores a considerarem o disco como ausente em Pitcairnioideae e Bromelioideae (por exemplo, Tomlinson 1969). Krauss (1949a), investigando a ontogênese de tricomas de *Ananas comosus*, Bromelioideae, trata a estrutura como disco, embora sem mostrar delimitação e constituição definida apresentada pelas Tillandsioideae. Esta é a razão pela qual, anteriormente, ao descrever a estrutura do tricoma peltado de *D. distachya*, é referido que a porção apical está formada por um disco, conectado com o pedúnculo, e ala.

Outra característica epidérmica de *D. distachya* que merece destaque é a ocorrência de corpos silicosos, um por célula, de formato arredondado (Fig. 21). Tomlinson (1969) ressalta que cada célula epidérmica, em Bromeliaceae, freqüentemente apresenta um grande corpo silicoso. Com o uso de fenol, em *D. distachya*, além da confirmação da natureza química, foi possível constatar que a superfície é irregular, lembrando pequenas drusas (Fig. 22). Linsbauer (1911, *apud* Krauss 1949a) descreve a presença de corpos silicosos em *Ananas comosus* e em espécies de *Dyckia* atingindo diâmetros de 3  $\mu\text{m}$  ou mais. Krauss (1949a) confirma a presença destes corpos em folhas de *Ananas comosus*. Linsbauer (1911, *apud* Krauss 1949a) acredita que os corpos representam conglomerados de minúsculos cristais de sílica, portanto que não possuem uma superfície lisa, mas sim rugosa. Entre as monocotiledôneas, o tipo de corpo silicoso mais freqüente é o esférico, com a superfície semelhante a drusas, rugosa ou espinhosa, geralmente um por célula (Prychid *et al.* 2004). Os corpos silicosos são altamente refrativos (Krauss 1949a). Baumert (1907, *apud* Krauss 1949a) sustenta que estes corpos têm como função a dispersão da luz, devido à sua estrutura e localização na epiderme foliar.

Adjacente à epiderme, na face adaxial da lâmina foliar de *D. distachya*, encontram-se cerca de duas ( $2,16 \pm 0,37$ ) camadas contínuas de fibras septadas (Fig. 39). Este mesmo tecido também ocorre na face abaxial, porém descontínuo, sendo restrito às zonas costais e apresentando de 3 a 5 ( $3,32 \pm 0,62$ ) camadas (Fig. 40). Na região intercostal verifica-se a presença de esclereides contornando as áreas estomáticas (Fig. 41).

Tomlinson (1969) descreve a presença deste tecido em Bromeliaceae, denominando-o como hipoderme esclerótica, constituindo um tecido mecânico periférico. Em *D. distachya*, a análise de folhas jovens, comparadas com folhas em distintos estádios de desenvolvimento (Figs. 42-45), revelou que este tecido origina-se de células meristemáticas do corpo, ou seja, são de origem distinta à epiderme, podendo, assim, ser denominado de hipoderme. Folhas de Bromeliaceae, com distinções entre regiões costais e intercostais, de acordo com Tomlinson (1969), possuem hipoderme esclerótica descontínua, interrompida por câmaras subestomáticas. Secções transversais e longitudinais de folhas jovens (Figs. 42-45) revelou que a diferenciação deste tecido esclerenquimático subepidérmico é posterior a diferenciação do tecido de revestimento. Constatou-se ainda que o ápice em folhas jovens é a primeira região a completar a diferenciação histológica, sendo constituído apenas por epiderme e fibras (Figs. 46-47). Como a diferenciação das células epidérmicas e das fibras inclui espessamento de parede celular, torna-se inviável divisões celulares que levem à expansão lateral do ápice da lâmina foliar. Isto explica a forma pugentíssima do ápice bem como a forma geral da lâmina foliar, pois após diferenciação dos tecidos periféricos, não há mais como ampliar os tecidos internos.

As fibras septadas e os esclereides de *D. distachya* são delimitados por paredes espessadas e lignificadas. Tomlinson (1969) descreve a ocorrência destes tipos celulares em outras espécies de *Dyckia*. No caso das fibras septadas de *D. distachya* (Fig. 48), cada fibra constitui-se numa unidade multicelular, delimitada externamente por uma parede celular espessa e lignificada, porém com células nucleadas separadas por septos delgados. De acordo com Mauseth (1988), após a fibra original ficar alongada, ocorre mitose e citocinese em seu interior, resultando em uma cadeia de células; a parede celular primária separando cada nova célula filha pode permanecer delgada, mas pode haver



também deposição de parede secundária nestas paredes que são denominados septos. O autor ainda acrescenta que estas fibras septadas geralmente permanecem vivas, com metabolismo ativo, e tem papel no armazenamento de material, usualmente de amido, óleos e cristais.

Sob as fibras adaxiais, em *D. distachya*, encontra-se o hidrênquima, o qual constitui o tecido mais abundante da lâmina foliar, principalmente na porção média, reduzindo-se próximo aos bordos da folha (Figs. 43, 49-51). As células deste tecido são isodiamétricas, quando periféricas, tornando-se mais alongadas no sentido interno (Figs. 52-53). As células são justapostas, com parede delgada (Fig. 54) e amplo lume celular com conteúdo mucilaginoso, podendo ser clorofiladas, quando posicionadas mais internamente na lâmina foliar (Fig. 55).

A presença de hidrênquima é uma das características da estrutura foliar mais marcantes em Bromeliaceae, sendo freqüentemente denominadas de suculentas (Krauss 1949a). As bromélias terrestres, na maioria das vezes xerófitas espinhosas, estocam água em tecido interno da folha (Tomlinson 1969). Conforme o autor, este tecido é formado por células de paredes delgadas, aclorofiladas, mencionando ainda a presença de mucilagem para os representantes da família. Krauss (1949a) comenta que as substâncias mucilaginosas, devido à natureza coloidal podem, além de absorver a água, também retê-la.

Mais internamente, na lâmina foliar de *D. distachya*, próximo aos feixes vasculares, situa-se o clorênquima (Fig. 53), assim denominado neste trabalho, por concentrar a maior quantidade de cloroplastos, embora outros tecidos também se mostrem clorofilados. Este tecido distribui-se adaxialmente, sob o hidrênquima, de um bordo ao outro (Fig. 49). As células deste tecido (Fig. 56) são isodiamétricas, com paredes delgadas, podendo conter um pouco de mucilagem, provavelmente em pequenos vacúolos, uma vez que quase todo lume encontra-se ocupado por cloroplastos. Idioblastos contendo ráfides de oxalato de cálcio ocorrem entre as células do clorênquima (Fig. 56), mas podem ser observados também entre outros tecidos parenquimáticos da lâmina foliar. Em Bromeliaceae ráfides são abundantes em todas as partes da planta (Tomlinson 1969).

Na face abaxial, sob as fibras, nas zonas costais, também ocorre hidrênquima (Figs. 53, 57-58), contudo as células diferenciam-se um pouco

daquelas que constituem o hidrênquima adaxial. As células do hidrênquima abaxial são todas isodiamétricas, contendo mucilagem, em amplo vacúolo, e alguns cloroplastos. Este tecido deve ter uma limitação de recepção de luz por estar delimitado adaxialmente por feixes vasculares e abaxialmente por fibras.

Alternando com o hidrênquima, encontra-se o aerênquima, restrito portanto a região intercostal, comunicando-se diretamente com os estômatos e o clorênquima (Figs. 53, 57-58). O aerênquima é formado por células estreladas, as quais constituem entrelaçada rede com muitos espaços intercelulares (Figs. 58-60). As células do aerênquima de *D. distachya* também, por vezes, apresentam mucilagem. Haberlandt (1928) refere que trocas gasosas em órgãos permanentemente submersos, ou que crescem em solos muito úmidos pode ser totalmente dependente dos espaços aéreos formados em seus tecidos. Segundo Fahn (1974), aerênquima formando canais contendo células estreladas é comum entre hidrófitas. Os espaços intercelulares podem formar um sistema conectado ao longo de toda a planta, com aparência de favos-de-mel (Cutter 1978). A autora ressalta que em plantas aquáticas este sistema pode proporcionar também resistência mecânica. Lambers *et al.* (1998) salienta a importância de um sistema contínuo de espaços aéreos, para plantas de solos alagados, permitindo o transporte de oxigênio das partes aéreas para a raiz. Portanto, a presença de aerênquima pode ter relevância na adaptação de *D. distachya* quando o ambiente reofítico lhe impõe submersão. Entretanto, a presença de aerênquima tem sido referida na literatura (por exemplo Krauss 1949a, Tomlinson 1969, Benzing 1980) para folhas de muitas Bromeliaceae.

A formação do aerênquima na folha jovem ocorre após início de estabelecimento do clorênquima (Fig. 43). Krauss (1949a) observou, na bromélia *Ananas comusus* que o tecido de aeração é formado tardiamente no desenvolvimento foliar e não está presente nos estágios antes da clorofilização.

Os feixes vasculares, em *D. distachya*, são delimitados, adaxial e lateralmente, pelo clorênquima e, abaxialmente, pelo hidrênquima (Fig. 53), percorrendo longitudinalmente a lâmina foliar, dispostos eqüidistantes. Estes feixes são do tipo colateral (Fig. 61). Fibras septadas contornam os feixes vasculares, constituindo até três estratos celulares, com menor número de células lateralmente, fato que deve favorecer o contato com o clorênquima. Em amostras

*in vivo*, é possível evidenciar que, freqüentemente, as fibras mais internas, adaxial e abaxialmente, possuem a coloração vermelho-alaranjado (Fig. 61), que deve ser determinada pela presença de compostos fenólicos, pois mostraram reação positiva ao cloreto férrico. As células parenquimáticas que acompanham os elementos de vaso contêm cloroplastos e mucilagem. Os elementos de vaso do protoxilema têm espessamento anelado, sendo mais freqüente observar-se o espessamento espiralado nos elementos do metaxilema (Fig. 62). Os elementos de vaso, em *D. distachya*, são de calibre e comprimento reduzido e as placas de perfuração estão bem inclinadas. Tais características são classicamente relacionadas a ambientes xéricos (Dickison 2000).

Na lâmina foliar de *D. distachya* ocorrem muitas células contendo substância com formato esférico (Fig. 25), a qual reagiu positivamente ao teste para alcalóides. Na literatura não foram encontradas referências sobre alcalóides em *Dyckia*, assim os resultados obtidos apontam para necessidades de outros estudos.

#### **5.2.2.2. Bainha Foliar**

A bainha foliar de *D. distachya* (Figs. 7-8) possui uma cor esbranquiçada devido à sua localização na planta. Elas encontram-se sobrepostas e próximas, com isto impedindo a penetração luminosa. Somente na presença de luz ótima, os plastídios presentes nas células vegetais são estimulados para transformação em cloroplastos (Taiz & Zeiger 2004).

Em secção transversal da bainha foliar de *D. distachya* (Fig. 63), constata-se que ambas as faces são planas, ou seja, não mostra zonas costais salientes como na lâmina foliar. A epiderme é uniestratificada e possui membrana cuticular espessada, em ambas as faces foliares (Figs. 64-65).

As células epidérmica, em ambas as faces, em secção paradérmica, mostram formato retangular no sentido ápice-base, com paredes anticlinais sinuosas. Estas células apresentam corpos silicosos. Não foram observados estômatos e nem tricomas.

Sob a epiderme, em ambas as faces foliares, encontra-se um tecido esclerenquimatoso, com cerca de duas camadas de fibras septadas (Figs. 64-65).

O tecido predominante na bainha foliar de *D. distachya* é o hidrênquima (Fig. 63), sendo constituído por células isodiamétricas, com paredes delgadas e desprovido de espaços intercelulares.

Na região central da bainha (Figs. 63, 66) encontra-se aerênquima, alternando com feixes vasculares. O aerênquima (Figs. 66, 67) é formado por células estreladas, possibilitando a existência de muitos e amplos espaços intercelulares. Este tecido facilita a circulação gasosa entre a lâmina foliar, região de intensa fotossíntese, e o caule e as raízes.

Os feixes vasculares são do tipo colateral (Fig. 68), semelhantes aos descritos para lâmina foliar, sendo contornados por parênquima de reserva. Este parênquima está constituído por células menores que o hidrênquima e contém grãos-de-amido (Fig. 69).

### **5.3. Raiz**

#### **5.3.1. Morfologia**

As raízes de *D. distachya* são todas adventícias, desde fases muito iniciais do desenvolvimento (Fig. 6), e geralmente apresentam-se bastante ramificadas (Fig. 70). Nas monocotiledôneas, a raiz primária é geralmente de vida curta e de existência efêmera, quando as funções de absorção e/ou fixação passam a ser desempenhadas pelas raízes adventícias (Tillich 2000). Como nas monocotiledôneas, em geral, é comum que, em bromeliáceas, a raiz embrionária permaneça por curto período, sendo encontrada somente no estágio de plântula (Krauss 1949b).

Nos indivíduos estudados, constatou-se que todas as raízes são subterrâneas. Isto sugere que elas são melhor adaptadas à esta condição terrestre e não ao epifitismo. Na natureza, outras espécies reofíticas do mesmo gênero estão sempre fixas nas fendas das rochas, iniciando seu desenvolvimento onde há pequenos acúmulos de material para fertilização (observação pessoal no campo).

### 5.3.2. Anatomia

A raiz adventícia de *D. distachya* está constituída por epiderme, córtex e cilindro central (Figs. 71-73).

A epiderme de *D. distachya* tem origem na diferenciação de células isodiamétricas da protoderme (Figs. 71, 74). Estas células sofrem apenas divisões anticlinais, determinando a manutenção da uniestratificação (Figs. 75-76). Pita & Menezes (2002), estudando espécies rupestres de Pitcairnioideae (*Dyckia macedoi* L.B. Smith, *D. rariflora* L.B. Smith e espécies de *Encholirium* Mart. ex Schult.), mencionam a ocorrência de velame. Algumas espécies de Bromeliaceae são epífitas, sendo comum algumas se desenvolverem sobre substratos não biológicos (Benzing 2000). Isto requer condições de absorção e retenção do tecido de revestimento da raiz, o que nas plantas geralmente é obtido pelo velame. Entretanto, a investigação estrutural, incluindo a histogênese, feita no presente estudo revelou que *D. distachya* não desenvolve velame em suas raízes.

As células epidérmicas de *D. distachya* têm forma alongada, no sentido do eixo, e achatadas, no sentido do raio. Algumas células epidérmicas, no decorrer do processo de diferenciação, expandem-se constituindo os pêlos absorventes (Figs. 73, 75-76). Tomlinson (1969) cita que espécies terrestres de Bromeliaceae têm raízes com zona pilífera bem desenvolvida (Tomlinson 1969). Com base na afirmativa do autor, as características do tecido de revestimento de *D. distachya* corroboram com as considerações anteriores de que a espécie possui hábito terrestre, ou seja, necessita absorver nutrientes da rizosfera. A expansão das células epidérmicas da raiz determina uma ampliação da área de absorção de água e minerais (Reid & Bowen, 1979 e Russell, 1977 – *apud* Mauseth, 1988). Outros autores, como Tinker (1976), sugerem que a função dos pêlos radiculares possa ser também de alterar o ambiente imediatamente adjacente, ou seja, a rizosfera.

No córtex da raiz de *D. distachya* distinguem-se: exoderme, parênquima, anel esclerenquimático e endoderme (Fig. 72).

A exoderme é composta por cerca de três estratos de células isodiamétricas, quando vistas em secção transversal (Figs. 77-79), e alongadas no sentido longitudinal (Fig. 80). Este tecido tem origem no meristema fundamental, sendo a diferenciação caracterizada pelo espessamento das

paredes celulares, principalmente das longitudinais. *In vivo*, as paredes celulares possuem cor acastanhada (Fig. 80). Testes histoquímicos revelaram a presença de lignina e suberina nestas paredes. Paredes suberizadas na exoderme de raízes são registradas por Pita & Menezes (2002), para outras espécies de Bromeliaceae.

Font-Quer (1982) define exoderme como sendo a camada mais externa do córtex, originada do meristema fundamental, podendo apresentar algumas células de passagem ou todas células espessadas para proteção. Mauseth (1988) refere que a exoderme pode desempenhar uma função similar à da endoderme, em algumas plantas, regulando a entrada de íons e protegendo as células corticais mais internas. Na superfície interna das paredes das células da exoderme, pode ocorrer deposição de suberina, com posterior acréscimo de camadas celulósicas e possível lignificação (Peterson & Perumalla, 1984). A suberina é hidrofóbica (Mauseth, 1988), impedindo a via apoplástica. Portanto, as características celulares da exoderme de *D. distachya*, paredes espessadas e suberizada, são de relevância no controle do fluxo da água e sais minerais no sentido epiderme-córtex-cilindro central.

A maior porção do córtex da raiz de *D. distachya* está ocupada por parênquima (Fig. 72), sendo interrompido por um anel esclerenquimático. O parênquima mais externo (Fig. 77) está formado por células de tamanho muito variado, forma isodiamétrica (em secção transversal), com paredes delgadas e pequenos espaços intercelulares esquizógenos. Estas células, por vezes, espessam um pouco suas paredes e tornam-se suberizadas (Fig. 81), porém não tanto quanto os tecidos delimitantes (exoderme e anel esclerenquimático). O parênquima mais interno, entre o anel esclerenquimático e a endoderme, mostra características distintas do anterior (Figs. 72, 81). As células são menores e as paredes mantêm-se delgadas. Próximo ao anel esclerenquimático, o tecido mostra-se compacto, entretanto, centripetamente, ocorrem amplos espaços intercelulares, maiores e mais numerosos, melhor evidenciados basipetamente na raiz mais desenvolvida. Estes espaços têm origem lisígena.

A presença conspícua de espaços intercelulares caracteriza tecidos comumente denominados de aerênquima, ou seja, parênquima que favorece o sistema de aeração do órgão, predominantemente em hidrófitas (Haberlandt

1928, Eames & MacDaniels 1947, Sculthorpe 1967). A formação destes espaços intercelulares, em raízes de gramíneas, por exemplo, decorre do aumento no diâmetro e colapso de algumas células (Metcalf 1960). Drew *et al.* (2000) esclarecem que o aerênquima lisígeno nas raízes contribui para habilitar as plantas para tolerar ambientes com solos pouco oxigenados promovendo um sistema de aeração interna de transferência de oxigênio para parte aérea. Os autores acrescentam que a formação destes espaços decorre de padrões previsíveis, sendo regulados por hormônios que sinalizam uma via que leva a morte celular programada. Alguns pesquisadores já comprovaram que a deficiência hídrica determina uma redução na formação das lacunas corticais nas raízes (North 1991, Machado 2004). Em *D. distachya*, como descrito anteriormente, constatou-se que com o desenvolvimento da raiz ocorre um aumento da quantidade e tamanho destes espaços. Não foi feita uma avaliação que possibilitasse comprovar se o fato decorreu de uma sinalização hormonal como descrito por Drew *et al.* (2000). Entretanto, considerando que o ambiente em que os indivíduos estão sendo cultivados é diariamente regado, podemos considerar que há grande disponibilidade de água no solo, a tendência de ampliação do sistema de aeração pode corresponder ao descrito por North (1991) e Machado (2004). Por outro lado, se considerarmos o ambiente reofítico, esta capacidade de formar um sistema de aeração nas raízes, pode favorecer a sobrevivência da espécie quando suas raízes estiverem imersas.

Nas raízes de *D. distachya* foram observadas hifas endomicorrizicas na exoderme e no parênquima, predominando nas células mais periféricas (Fig. 79). As micorrizas, segundo Harrison (1997), colonizam as células das raízes, mais extensamente no córtex, para obter carbono, mas também podem ter importante papel na absorção e translocação de fosfatos e outros nutrientes do solo para a raiz.

O anel esclerenquimático é formado por 2 a 3 estratos de células com paredes espessas (Figs. 72, 81-83). Testes histoquímicos indicaram a presença de lignina e suberina. Permanecem algumas dúvidas sobre a presença de outros compostos químicos, uma vez que usualmente estas duas substâncias, em amostras *in vivo*, não se destacam antes da reação. Em *D. distachya* as paredes celulares apresentam coloração natural variando do pardo ao avermelhado ou

alaranjado e até acastanhado e os testes histoquímicos empregados só reagiram positivamente para lignina e suberina.

A endoderme nas raízes de *D. distachya* é constituída por um estrato formado por células que possuem estrias de Caspary (Fig. 84). Qualquer íon da solução do solo pode penetrar na epiderme e córtex, mas não chega ao estelo sem atravessar a membrana plasmática da endoderme (Lawton *et al.* 1981). A endoderme divide a raiz em dois compartimentos, sendo uma barreira ao transporte apoplástico, devido a propriedade impermeabilizante da substância que constitui a estria de Caspary (Mauseth 1988, Enstone *et al.* 2002). As estrias de Caspary são regiões impregnadas de suberina (Gunning & Steer 1996). Segundo Nultsch (1996), a substância incrustada nestas estrias é uma mistura de lignina com outra substância similar à suberina, denominada endodermina. De acordo com este mesmo autor, alguns dados mais recentes comprovam que certas plantas têm incrustação exclusivamente de lignina.

Em fases muito iniciais, estas células passam a espessar suas paredes, por vezes, em “O” (Fig. 85), mas comumente em “U” (Fig. 86-87), impossibilitando a visualização, em microscopia óptica, das estrias de Caspary. A passagem da corrente simplástica do córtex para o cilindro central deve passar pelas pontoações. Clarkson *et al.* (1971) constataram, em *Hordeum vulgare*, a presença de numerosas e longas conexões citoplasmáticas nas paredes tangenciais da endoderme, comunicando com o parênquima do estelo, mesmo depois de estabelecido o espessamento. Santos *et al.* (2001) também registram freqüentes pontoações entre as células da endoderme, entre estas e as células adjacentes externas e internas, em *Paspalum notatum*. Nas paredes celulares espessadas da endoderme de *D. distachya* ocorre impregnação de lignina e de suberina. Lamelas de suberina na endoderme têm sido registrada por diversos autores (Enstone *et al.* 2002, Arias & Sánchez 2004, Rodrigues & Estelita 2004), estando envolvida com restrição da translocação radial de íons do córtex para o estelo (Ferguson & Clarkson 1976).

As células mais internas do meristema fundamental do ápice da raiz, ao diferenciarem-se, formam a endoderme, com estrias de Caspary, e, centrifugamente, células parenquimáticas dispostas radialmente (Fig. 84). As características estruturais indicam a ocorrência de divisões anticlinais e



periclinais, possibilitando o aumento da circunferência e a expansão da raiz no sentido basípeto. Seago *et al.* (2000) descrevem, estudando raízes de *Pontederia cordata*, que as camadas mais internas do meristema fundamental diferenciam-se em endoderme e córtex aerenquimatoso, constituindo fileiras radiais de células e só na maturidade a camada mais interna (endoderme) diferenciam-se formando as estrias de Caspary. Melo-de-Pinna & Menezes (2002, 2003) referem, para raízes adventícias em algumas espécies de Asteraceae, a origem da endoderme meristemática 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. Arias & Sanchez (2004) ressaltam o caráter meristemático da endoderme em raízes de algumas espécies de Asteraceae, formando tecidos corticais e novas cavidades, aumentando a espessura do córtex. Almeida (2006) caracteriza a endoderme da raiz de *Anthurium coriaceum* como meristemática, fundamentando tal fato com ilustrações de células endodérmicas com evidências de divisão periclinal recente. Em *D. distachya*, também se constaram indícios de divisões periclinais (Fig. 84), caracterizando a endoderme como meristemática.

O cilindro central da raiz de *D. distachya* é constituído por periciclo, sistema vascular e medula (Fig 85-87).

O periciclo é o estrato celular mais externo do cilindro central (Fig 87). É formado por células isodiamétricas, conservando a capacidade meristemática, sendo responsável pela formação das raízes laterais (Fig. 88).

O sistema vascular de *D. distachya* é poliarco, formado por cordões de xilema alternos com o floema (Figs. 86-87). A disposição poliarca é característica das raízes adventícias das monocotiledôneas (Fahn 1974). Na região mais apical a raiz de *D. distachya* é triarca (Fig. 89), porém em sentido basal torna-se progressivamente poliarca, com acréscimo no número de arcos de xilema com o aumento do diâmetro do órgão. Estas constatações correspondem aquelas registradas para *Ananas comosus* (Bromeliaceae), por Krauss (1949b). A autora cita que podem ocorrer até 48 arcos de xilema. Segundo Mauseth (1988), os vasos de metaxilema amplos e numerosos (raízes poliarcas) são de grande

importância para a condução do xilema nas monocotiledôneas devido a não formação secundária.

A medula localizada no centro da raiz de *D. distachya* (Figs. 86, 90) está por células de paredes espessadas, com incrustação de lignina e suberina (Fig. 87). Entretanto, em algumas raízes seccionadas esta porção central restringe-se a poucas células com paredes espessadas e o xilema contorna esta porção com grandes e numerosos elementos de vaso (Fig. 72).

#### **5.4. Características morfoanatômicas relacionadas à adaptação ao hábitat reofítico.**

A espécie *D. distachya*, no ambiente natural, encontra-se exclusivamente nas margens de rios turbulentos e com regime de vazante e cheia. A espécie possui adaptações que permitem sua sobrevivência às condições peculiares do hábitat reofítico.

Estando o rio em vazante, a vegetação em suas margens é submetida à intensa exposição solar, portanto sujeita à condições xéricas. Algumas características anatômicas da folha de *D. distachya* estão relacionadas a manutenção hídrica durante este período. A membrana cuticular espessa e a presença de corpos silicosos na maioria das células epidérmicas auxiliam na reflexão e refração da luz. A localização aprofundada (depressões individuais e sulcos intercostais) dos estômatos e a proteção destes por tricomas peltados permite economia hídrica através da formação de um microclima. Corroborando, ainda, com a manutenção do equilíbrio hídrico, o hidrênquima aclorofilado e mucilaginoso, por sua abundância, armazena água. Este tecido também atenua a irradiação solar, colaborando na redução da temperatura e no bloqueio do excesso de luz para que tecidos mais internos recebam a quantidade ótima.

Durante os períodos de cheias do rio, nos quais *D. distachya* encontra-se submersa, os fatores limitantes estão relacionados com a força das correntezas e com a difusão de gases. A estenofilia e constituição da folha por estratos de fibras septadas e esclereides subepidérmicos auxiliam na redução de danos e permanência das folhas, quando submetidas às fortes correntezas da água do rio. A primeira garante formato hidrodinâmico e a segunda reforça estruturalmente a folha. A possibilidade de circulação e reserva gasosa determinados pelo

aerênquima no mesofilo foliar, caráter hidromorfo, também estão relacionados com as necessidades do período de cheias. A presença de mucilagem também contribui para uma reserva ótima de água, tendo em vista o impedimento da abertura dos estômatos para que a absorção ocorra. As características das raízes também são relevantes neste período. Estas permeando fissuras e aderindo-se fortemente às rochas, auxiliam na fixação da planta, quando submetida a força da água durante as cheias. A sustentação mecânica é propiciada, ainda, pela histologia do órgão, ou seja, pelo anel esclerenquimático, exoderme e parênquima medular, os quais têm células de paredes espessadas e lignificadas. Os grandes espaços intercelulares localizados na medula permitem reserva e circulação gasosa intra e inter órgãos.

A presença de exoderme, parênquima, anel de fibras, endoderme e medula impregnadas por suberina, substância hidrofóbica, são importantes barreiras hídricas, tanto impedindo a infiltração excessiva de água via apoplástica, tão bem como evitando a perda de água durante os períodos de vazante.

## 6. CONCLUSÕES

As características de *D. distachya* são semelhantes às descritas na literatura para a família Bromeliaceae, contudo podem favorecer a sobrevivência da espécie no hábitat reofítico. *D. distachya* possui características xeromorfas e hidromorfas que podem ser relacionadas com as necessidades impostas pelos períodos de vazante e cheias do rio, respectivamente.

Os dados morfométricos obtidos neste trabalho servem de base comparativa para trabalhos futuros com esta espécie e também para outras bromélias reofíticas do mesmo gênero.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S.L. Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Anthurium coriaceum* G. Don (Araceae) em diferentes estádios de desenvolvimento. 2006. 75 f. Dissertação (Pós-graduação em Biologia Vegetal - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- ALQUINI, Y.; BRITO, C.J.F.A. A New Method for Staining Botanical Material Embedded in Glycol Methacrylate (Gma). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 39, p. 949-951. 1996.
- ALTESOR, A.; SILVA, C.; EZCURRA E. Allometric neoteny and the evolution of succulence in cacti. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v.114, p. 283-292. 1994.
- ARIAS, R.L.; SÁNCHEZ, J.C.E. Características de la endodermis en la raíz de *Coespeletia* (Asteraceae). **Caldasia**, v.26, n.1, p. 53-60. 2004.
- ARIOLI, T. Morfo-anatomia foliar de três espécies arbustivas do Vale do Itajaí, Santa Catarina. 2006. 103 f. Dissertação (Pós-graduação em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- ARIOLI, T.; VOLTOLINI, C.H.; SANTOS, M. Morfo-anatomia foliar de *Raulinoa echinata* R. S. Cowan, uma reófito endêmica do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina, Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 56, 2005, Curitiba, PR. Anais do 56º Congresso Nacional de Botânica, 2005. CD-ROM.
- ATLAS DE SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.
- BECK, C.B. **An Introduction to Plant Structure and Development**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005. 431p.
- BENZING, D.H. **The Biology of the Bromeliads**. USA: Mad River Press, 1980. 228p.
- BENZING, D.H. **Bromeliaceae: Profile of an Adaptive Radiation**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000. 690p.

- CLARKSON, D.T.; ROBARDS, A.W.; SANDERSON, J. The tertiary endodermis in barley roots: fine structure in relation to radial transport of ions and water. **Planta**, v. 96, n.4, p.292-305. 1971.
- COSTA, A.F. **Farmacognosia**. Vol.III. Farmacognosia Experimental. 2. ed. Lisboa: Ed. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1982. 1032p.
- COMITÊ ITAJAÍ. Disponível em: <<http://www.comiteitajai.org.br/hp/bacia/localiza.php>>. Acesso em: 13 julho 2004.
- CUTTER, E.G. **Plant Anatomy**. Part I: cells and tissues. 2 ed. London: Edward Arnold, 1978. 315p.
- DAHLGREN, R.M.T. **The Families of the Monocotyledons**. New York: Springer-Verlag, 1985. 520p.
- DICKISON, W.C. **Integrative Plant Anatomy**. USA: Academic Press, 2000. 533p.
- DREW, M.C.; HE, C.J.; MORGAN, P.W. Programmed cell death and aerenchyma formation in roots. **Trends in Plant Science**, v. 5, n.3, p.23-127. 2000.
- EAMES, A.J.; MACDANIELS, L.H. **An Introduction to Plant Anatomy**. London: MacGraw-Hill Books Company, Inc., 1947. 427p.
- ENSTONE, D.E.; PETERSON, C.A.; FENGSHAN, M.A. Root endodermis and exodermis: Structure, function, and responses to the environment : Root structure and function. *Journal of plant growth regulation*, v.21, p.335-351. 2002.
- ESAU, K. **Anatomia Vegetal**. Barcelona: Omega, 1959. 729p.
- ESAU, K. **Anatomia de plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 293p.
- EVANS, W.C. **Trease and Evans' Pharmacognosy**. London: Baillière Tindall, 1989. p.217.
- FAHN, A. **Plant Anatomy**. 2 ed. Oxford: Pergamon Press, 1974. 643p.
- FAHN, A.; CUTLER, D.F. **Xerophytes**. Germany: Gebrüder Borntraeger, 1992. 176p.

- FERGUSON, I.B.; CLARKSON, D.T. Ion uptake in relation to the development of a root hypodermis. **New Phytologist**, v.77, p.11-14. 1976.
- FERRI, M.G.; MENEZES, N.L.; MONTEIRO-SCANAVACCA, W.R. **Glossário Ilustrado de Botânica**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1978. 211p.
- FONT-QUER, P. **Diccionario de Botánica**. Barcelona: Editora Labor, 1982. 1244p.
- GAHAN, P.B. **Plant histochemistry and cytochemistry an introduction**. London: Academic Press, 1984. 301p.
- GUNNING, B.E.S; STEER, M.W. **Plant Cell Biology: Structure and Function**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1996. 134p.
- HABERLANDT, G. **Physiological Plant Anatomy**. Reedição. London: Macmillan and Co.,1928. 777p.
- HARRISON, M.J. The arbuscular mycorrhizal symbiosis: an underground association. **Elsevier Trends Journals**, v. 2, n.2, p.54-60. 1997.
- HICKEY, L.J. A revised classification of the architecture of Dicotyledonous leaves. *In*: Metcalfe, C.R. & Chalk, L. (Eds.). **Anatomy of the Dicotyledons**. vol.I. 2 ed. Oxford: Clarendon Press, p.25-39. 1979.
- IBAMA. **Lista Oficial de Flora Ameaçada de Extinção: Portaria Nº 37-N**, de 3 de abril de 1.992. Disponível em: <[http://www.biodiversitas.org.br/florabr/lista\\_ibama.asp](http://www.biodiversitas.org.br/florabr/lista_ibama.asp)>. Acesso em: 19 julho 2006.
- IMAICHI, R.; KATO, M. Comparative leaf development of *Osmunda lanceae* and *O. japonica* (Osmundaceae): heterochronic origin of rheophytic stenophylly. **Botanical Magazine**, Tokyo, v. 105, p. 199-213, 1992.
- IMAICHI, R.; KATO, M. Comparative leaf morphology of young sporophytes of rheophytic *Osmunda lancea* and dryland *O. japonica*. **Journal of Plant Research**, v. 106, p. 37-45. 1993.
- JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw Hill Book Company, Inc., 1940. 523p.

- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F. **Plant Systematics: a phylogenetic approach**. USA: Sinauer Associates, Inc., 1999. 465p.
- KATO, M.; IMAICHI, R. Leaf anatomy of tropical fern rheophytes with its evolutionary and ecological implications. **Canadian Journal of Botany**, v. 70, p. 165-174. 1992a.
- KATO, M.; IMAICHI, R. A broad-leaved variant of the fern rheophyte, *Tectaria lobbii*. **International Journal of Plant Science**, v. 153, p. 212-216. 1992b.
- KLEIN, R.M. Reófitas no Estado de Santa Catarina, Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30, 1979, Campo Grande, MS. Anais da Sociedade Botânica do Brasil. 1979. p.159-169.
- KRAUSS, B.H. 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**, v.110, p. 159-217. 1948.
- KRAUSS, B.H. Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L) Merr. (continued) II. The leaf. **Botanical Gazette**, v. 110, p. 303-404. 1949a.
- KRAUSS, B.H. Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L) Merr. (concluded) II. The root and the cork. **Botanical Gazette**, v.110, p. 555-587. 1949b.
- KRAUS, J.E; ARDUIN, M. **Manual Básico de Métodos em Morfologia Vegetal**. Seropédia, RJ: Editora Universidade Rural. 1997. 194p.
- LAMBERS, H.; STUART, F.; PONS, T.L. **Plant Physiological Ecology**. New York: Springers-Verlag, 1998. 540p.
- LAWTON, J.R.; TODD, A.; NAIDOO, D.K. Preliminary investigations into the structure of the roots of the mangroves, *Avicennia marina* and *Bruguiera gymnorhiza*, in relation to ion uptake. **New Phytologist**, v.88, p.713-22. 1981.
- LOBO, G.M.; SANTOS, M. Anatomia foliar da reófito *Dyckia brevifolia* Baker. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 56, 2005, Curitiba, PR. Anais do 56° Congresso Nacional de Botânica, 2005. CD-ROM.



- MACHADO, A.V. Efeitos do estresse hídrico em plantas jovens de *Hedyosmum brasiliense* Mart. (Chloranthaceae). 2004. 58f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MAUSETH, J.D. **Plant Anatomy**. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, 1988. 560p.
- MELO-DE-PINNA, G.F.A.; MENEZES, N.L. Vegetative organ anatomy of *Ianthopappus corymbosus* Roque & Hind (Asteraceae-Mutisieae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.505-514. 2002.
- MELO-DE-PINNA, G.F.; MENEZES, N.L. Meristematic endodermis and secretory structure in adventitious roots of *Richterago* Kuntze (Mutisieae-Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, p.1-10. 2003.
- METCALFE, C.R. **Anatomy of the Monocotyledons. I. Gramineae**. Oxford, Clarendon Press, 1960. 731p.
- METCALFE, C.R. Ecological Anatomy and Morphology General Survey. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. v. II. 2. ed. Oxford: Clarendon Press, p.126-149. 1983.
- NAPP-ZINN, K. **Handbuch der Pflanzenanatomie**. VIII Anatomie des Blattes, 2. Blattanatomie der Angiospermen, B. Experimentelle und Ökologische Anatomie des Angiospermenblattes. Germany: Gbdr. Borntraeger, 1984. 520p.
- NORTH, G.B.; NOBEL, P.S. 1991. Changes in hydraulic conductivity and anatomy caused by drying and rewetting roots of *Agave deserti* (Agavaceae). **American Journal of Botany**, v.78, p.906-915. 1991.
- NULTSCH, W. **Allgemeine Botanik**. New York: Thieme Stuttgart. 1996.
- PETERSON, C.A.; PERUMALLA, C.J. Development of the hypodermal Casparian band in corn and onion roots. **Journal of Experimental Botany**, v. 35, p.51-57. 1984.
- PITA, P.B.; MENEZES, N.L. Anatomia da raiz de espécies de *Dyckia* Schult. f. e *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) da

Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil), com especial referência ao velame. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 25-34. 2002.

PRYCHID, C.J.; RUDALL, P.; GREGORY, M. Systematics and biology of silica bodies in Monocotyledons. **The Botanical Review**, v.69, p.377-440. 2004.

REIS, A; ROGALSKI, J.; VEIRA, N. K.; BERKENBROCK, I. S. Conservação de espécies reófitas de *Dyckia* no Sul do Brasil: *Dyckia distachya*. Florianópolis: UFSC, 2005. 11 p. Relatório técnico.

REITZ, R. Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. *In: Flora Ilustrada Catarinense*. Parte I. Fascículo Bromélia. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1983. 808p.

RODRIGUES, A.C.; ESTELITA, M.E. Anatomia da raiz de *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.4, p.629-638. 2004.

ROTH, I. **Anatomy de las Plantas Superiores**. Caracas: Ed. Biblioteca Universidad Central de Venezuela, 1976. 357p.

RUZIN, S.E. **Plant Microtechnique and Microscopy**. New York: Oxford University Press, 1999. 322p.

SANTOS, M. ; MIGUENS, F.C.; OLIVEIRA, P.L. The endodermis in *Paspalum notatum* Flüggé (Poaceae) root. *Acta Microscópica*, v. 3, p. 249-250, 2001.

SCULTHORPE, C.D. **The Biology of Aquatic Vascular Plants**. London: Edward Arnold, 1967. 609p.

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

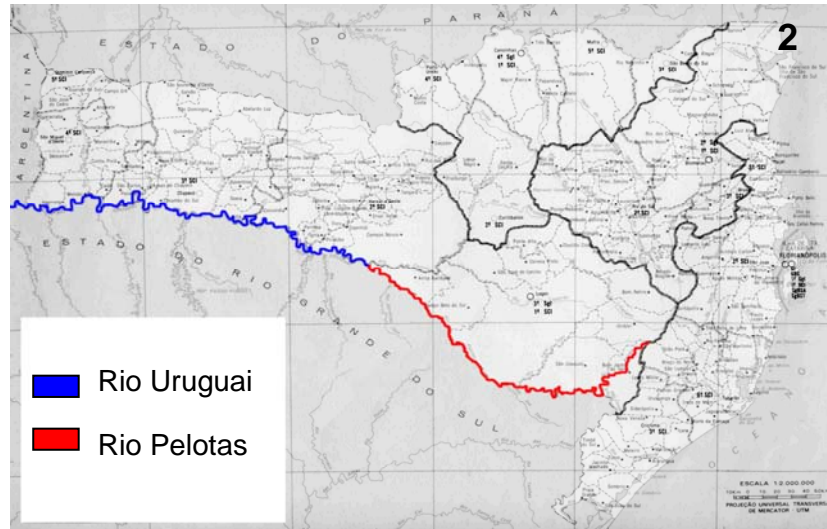
SMITH, L.B.; DOWNS, R.J. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica**, v.I, New York: Hafner Press, 1974. 658p.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**. San Francisco: Freeman and Company, 1969. 776p.

SOUZA, L.S. **Morfologia e Anatomia Vegetal**. Ponta Grossa, PR: Editora UEPG, 2003. 259p.

- SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005. 640p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TINKER, P.B. Roots and water. Transport of water to plant root in soil. **Philosophical transactions of the Royal Society B**, v. 273, p. 445-461. 1976.
- TILICH, H.J. Ancestral and derived character states in seedlings of Monocotyledons. *In*: Wilson, K.L. & Morrison, D.A. (Eds.) **Monocots: Systematics and Evolution**. Melbourne: Csiro. p. 221-229. 2000.
- TOMLINSON, P.B. **Anatomy of the monocotyledons: III Commelinales-Zingiberales**. Oxford: Oxford University Press, 1969. 446p.
- TSUKAYA, H. Leaf anatomy of a rheophyte, *Dendranthema yoshinaganthum* (Asteraceae), and of hybrids between *D. yoshinaganthum* and a closely related non-rheophyte, *D. indicum*. **Journal of Plant Research**, v. 115, p.329-333, 2002.
- USUKURA, M.; IMAICHI, R.; KATO, M. Leaf morphology of a facultative rheophyte *Farfugium japonicum* var. *luchuense* (Compositae). **Journal of Plant Research**, v.107, p. 263-267. 1994.
- VAN STEENIS, C.G.G.J. **Rheophytes of the World**. The Netherlands, Alphen aan den Rijn: Sijthoff & Noordhoff, 1981. 407p.
- VAN STEENIS, C.G.G.J. Rheophytes of the world: supplement. **Allertonia**, v. 4, p. 267–330, 1987.

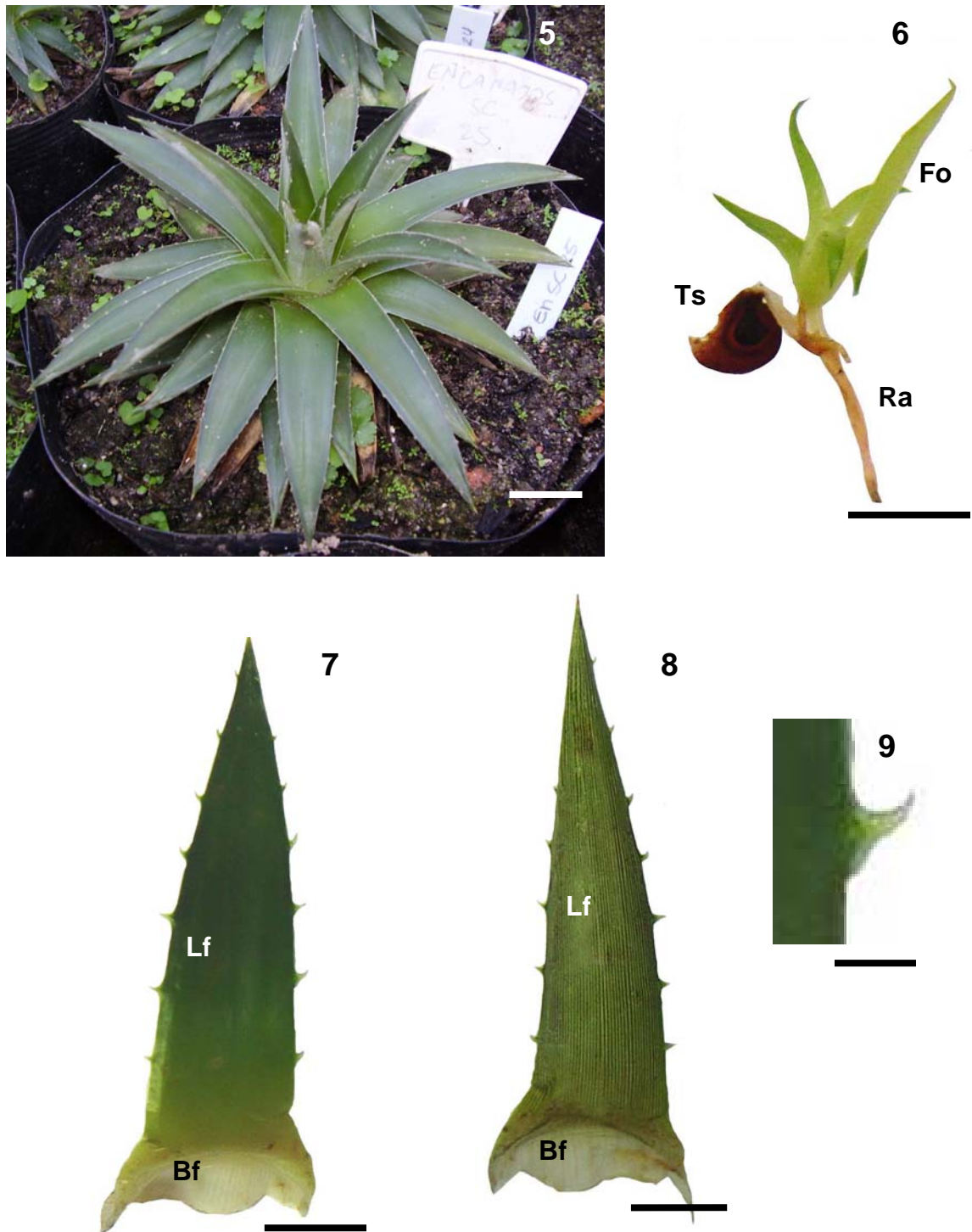
## 8. ILUSTRAÇÕES



**Fig. 1.** Mapa da localização do Estado de Santa Catarina (Comitê do Itajaí, 2004). **Fig. 2.** Mapa de Santa Catarina, destacando a localização dos Rios Uruguai e Pelotas (Adaptado do Atlas de Santa Catarina 1986).

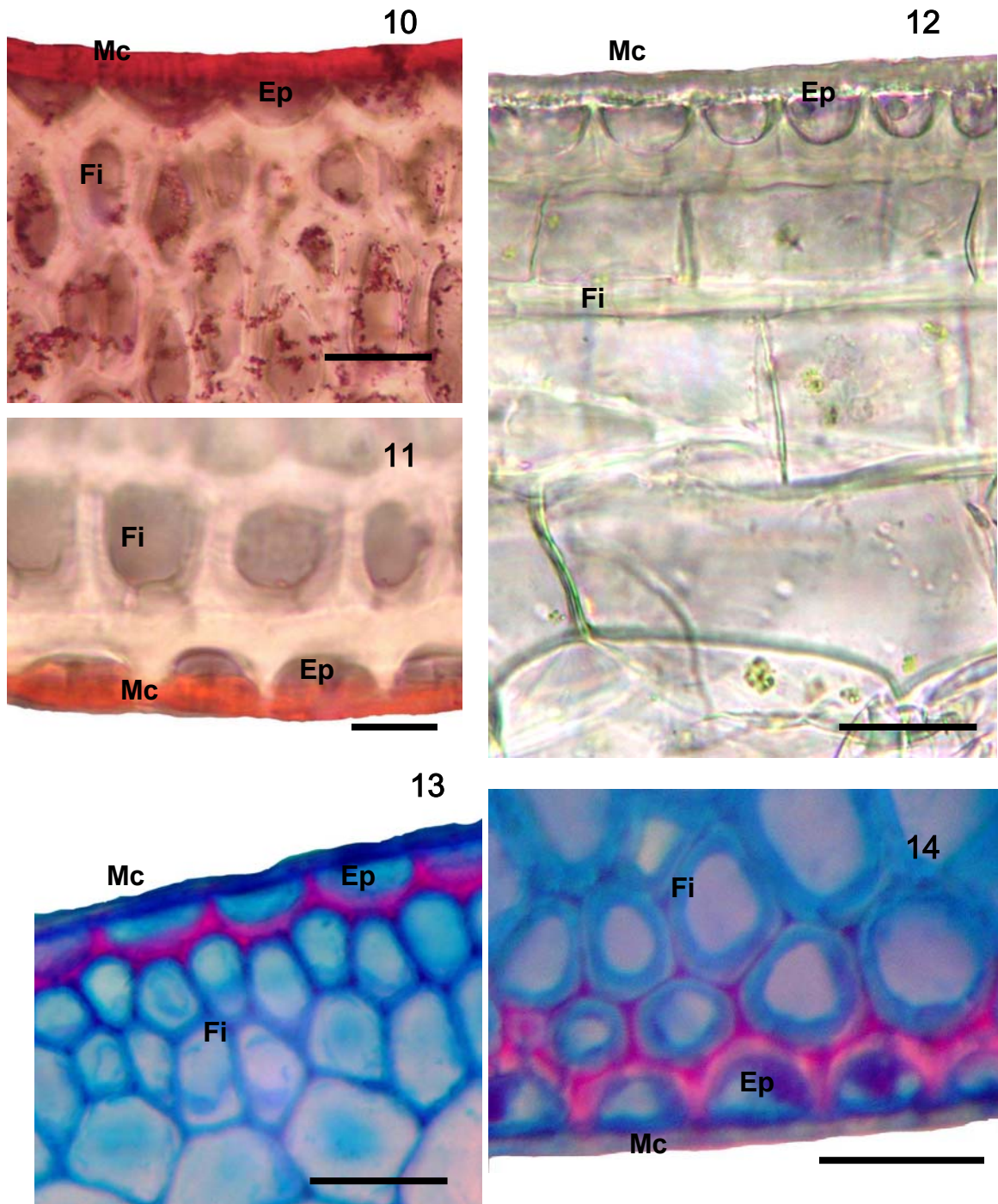


**Fig. 3.** Indivíduos de *Dyckia distachya* Hassler mantidos em casa de vegetação. **Fig. 4.** Detalhe de uma roseta adulta e uma jovem ao lado (seta). Barra= 3 cm.



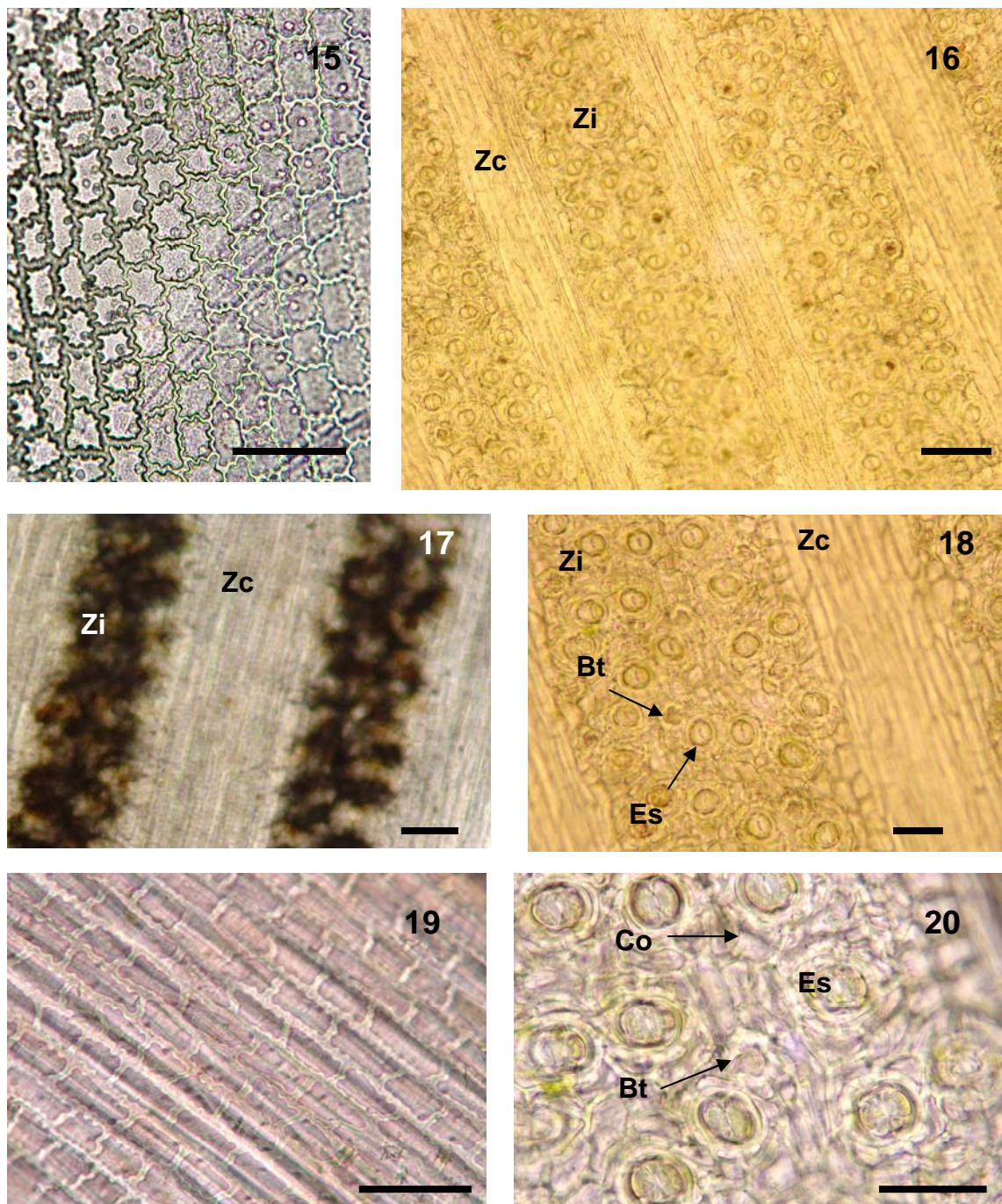
**Figs. 5-9.** *Dyckia distachya* Hassler. **5.**Planta adulta. Barra=3cm. **6.** Planta jovem. Barra= 0,5cm. **7.**Folha, vista pela face adaxial. Barra=1,5cm . **8.** Folha, vista pela face abaxial. Barra=1,5cm **9.** Detalhe de um espinho da margem da lâmina foliar. Barra= 0,2cm. Legenda: Bf-bainha foliar, Fo-folhas, Lf-lâmina foliar, Ts-tegumento seminal, Ra-raiz adventícia.





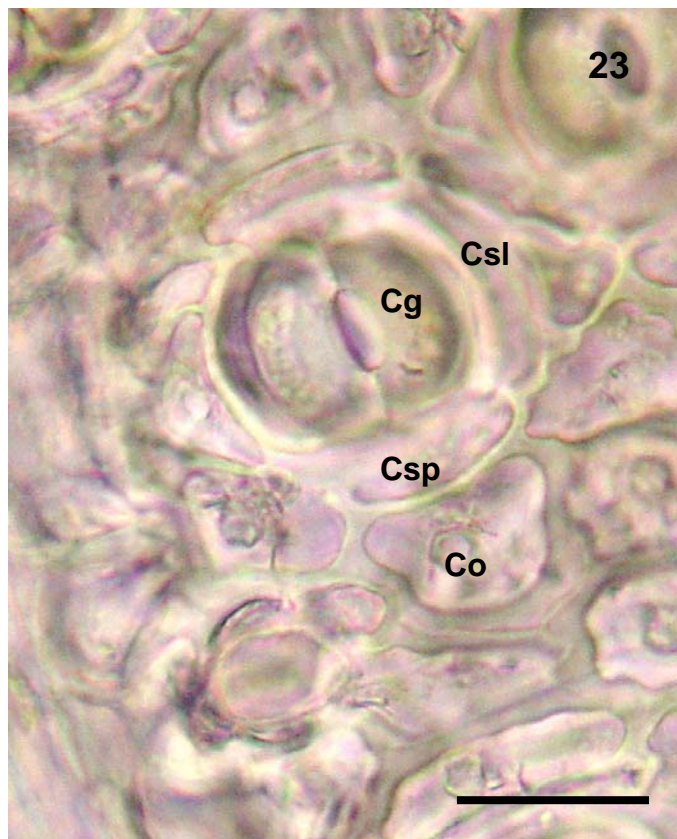
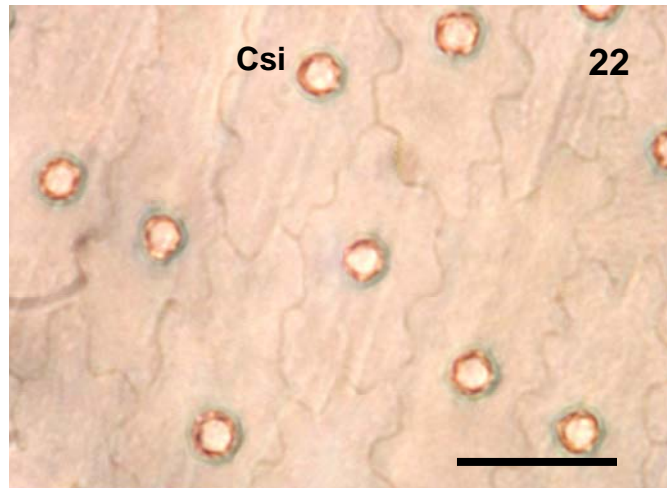
**Figs. 10-14.** Lâmina foliar de *Dyckia distachya* Hassler. Note epiderme uniestratificada. **10-11.** Secções transversais mostrando reação com Sudan IV. **10.** Face adaxial. Barra= 20 μm. **11.** Face abaxial. Barra= 10 μm. **12.** Secção transverso-longitudinal de material *in vivo*, na face adaxial. Barra= 50 μm. **13-14.** Secções transversais de amostras infiltradas em historresina e coradas com azul de astra/fucsina básica. **13.** Face adaxial. Barra= 30 μm **14.** Face abaxial. Barra= 20 μm. Legenda: Ep- epiderme, Fi-Fibras, Mc- membrana cuticular.





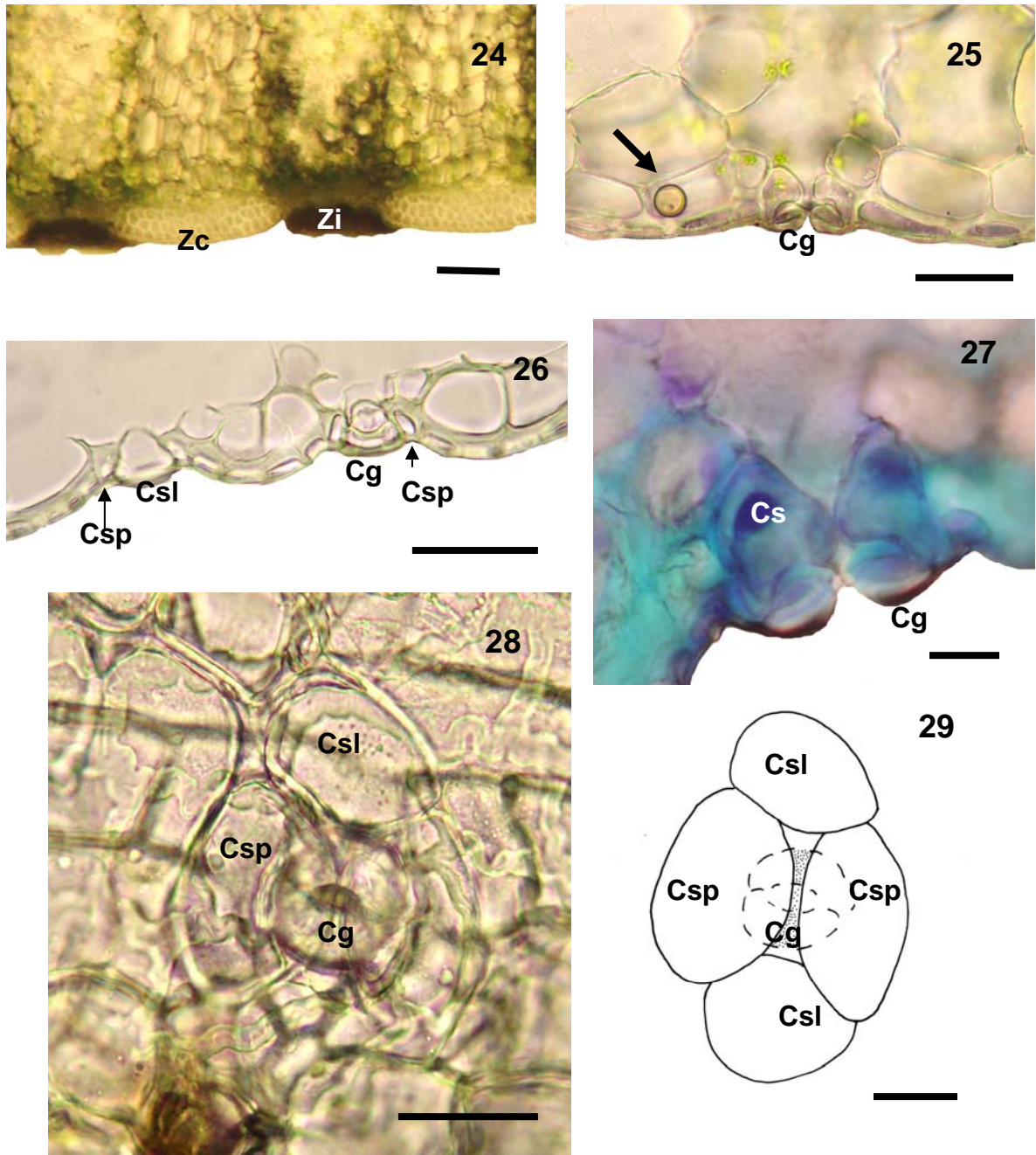
**Figs. 15-20.** Vista frontal de epiderme de lâminas foliares de *Dyckia distachya* Hassler. **15.** Face adaxial. Note paredes anticlinais sinuosas. Barra=50 $\mu$ m. **16-18** Face abaxial, destacando a alternância entre zonas costais e intercostais. **16.** Amostra após retirada dos tricomas. Barra=100 $\mu$ m. **17.** Note tricomas densamente arranjados nas zonas intercostais. Barra=100 $\mu$ m. **18.** Amostra após retirada dos tricomas. Note os estômatos. Barra=50 $\mu$ m. **19.** Zona costal da face abaxial, destacando as paredes sinuosas das células epidérmicas. Barra=50 $\mu$ m. **20.** Zona intercostal da face abaxial, após retirada dos tricomas. Note células epidérmicas ordinárias com formato irregular, estômatos e base de tricomas. Barra=50 $\mu$ m. Legenda: Bt-base de tricoma, Co-célula epidérmica ordinária. Es- estômato.



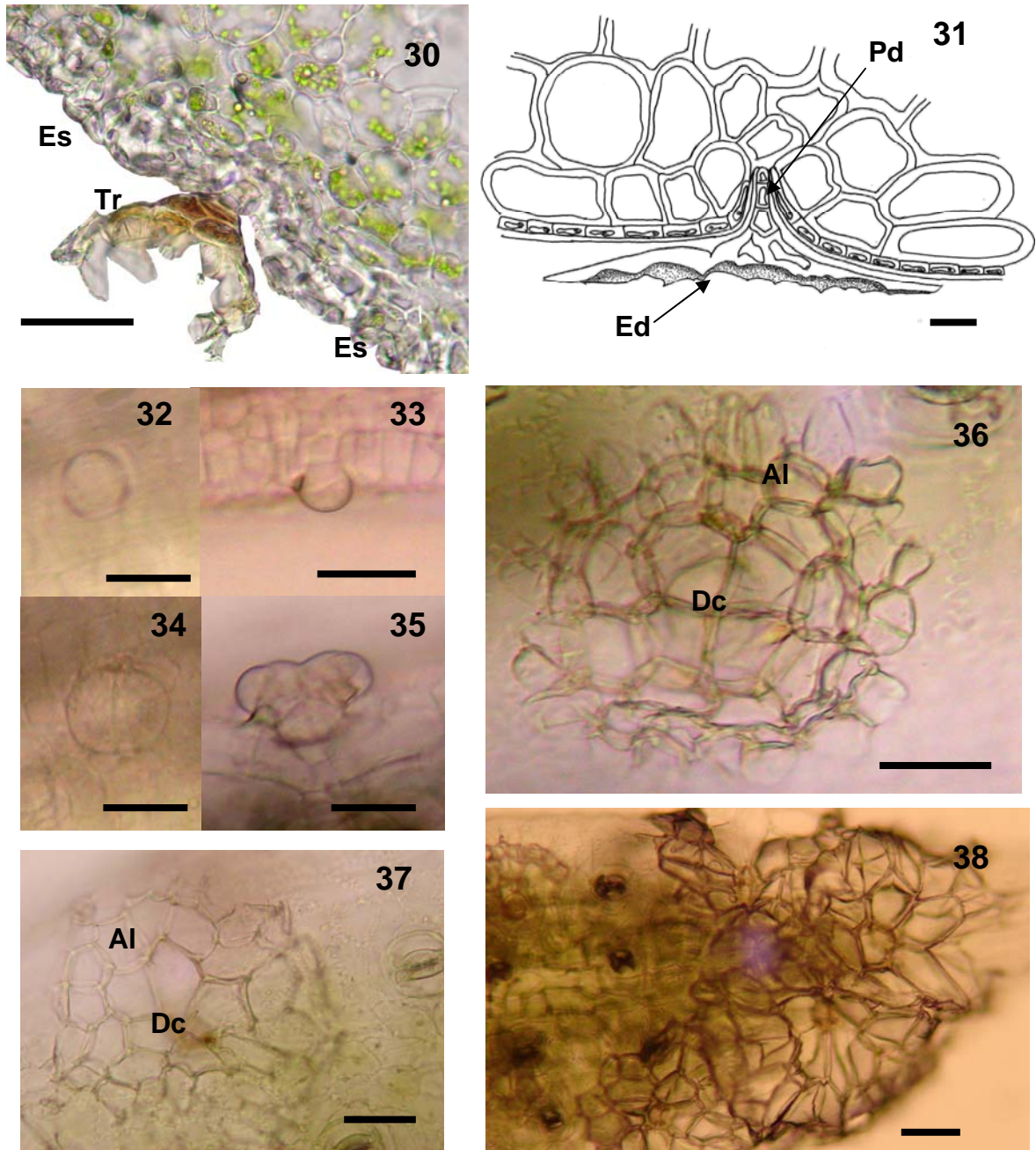


**Figs. 21-23.** Vista frontal da epiderme da lâmina foliar de *Dyckia distachya* Hassler. **21.**Face adaxial. Paredes sinuosas e corpos silicosos. Barra=30 $\mu$ m. **22.** Face adaxial. Material com reação ao fenol evidenciando os corpos silicosos. Barra=20 $\mu$ m. **23.**Face abaxial. Estômato. Note células-guarda e subsidiárias Barra=20 $\mu$ m. Legenda: Cg-célula-guarda, Co-célula epidérmica ordinária, Csl-célula subsidiária lateral, Csp-célula subsidiária polar, Csi-corpo silicoso, Es- estômato.



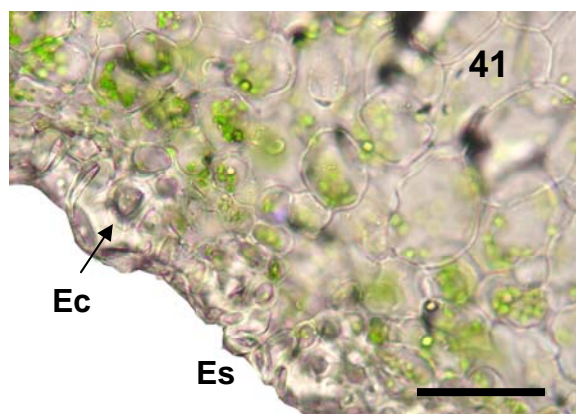
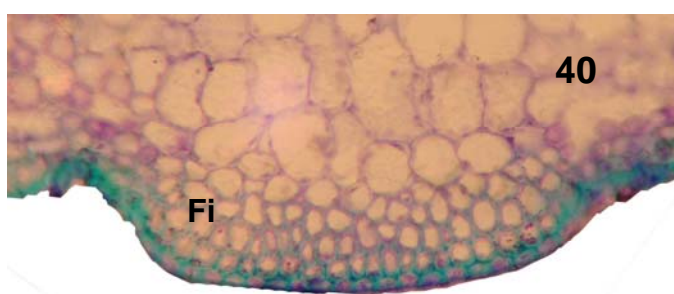
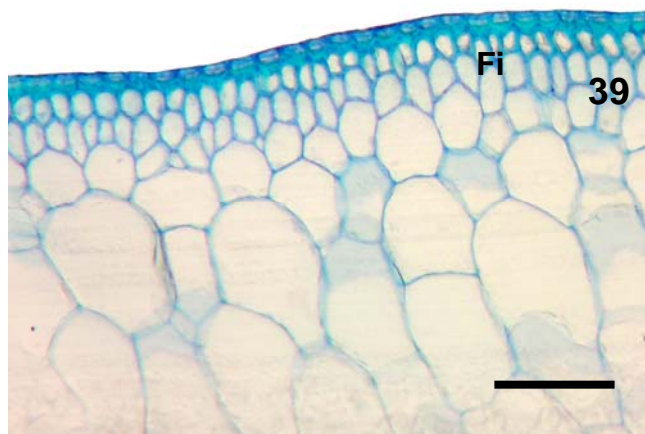


**Figs. 24-29.** Face abaxial da lâmina foliar de *Dyckia distachya* Hassler. **24.** Secção transversal *in vivo*. Note as depressões nas zonas intercostais com tricomas densamente arranjados. Barra=100µm. **25.** Estômato em secção transversal de folha jovem. Substância que reagiu positivamente ao teste para alcalóides (seta). Barra=50µm. **26.** Estômatos em secção transverso-longitudinal de folha jovem. Barra=50µm. **27.** Secção transversal em material infiltrado em historresina e corado com azul de toluidin evidenciando estômato. Barra=10µm. **28.** Estômato, em secção paradérmica, visto do interior pra o exterior. Barra=30µm. **29.** Ilustração explicativa da Fig. 28. Barra=20µm. Legenda: Cg-célula-guarda, Co-célula epidérmica ordinária, Cse-câmara subestomática, Csl-célula subsidiária lateral, Csp-célula subsidiária polar, Es-estômato.

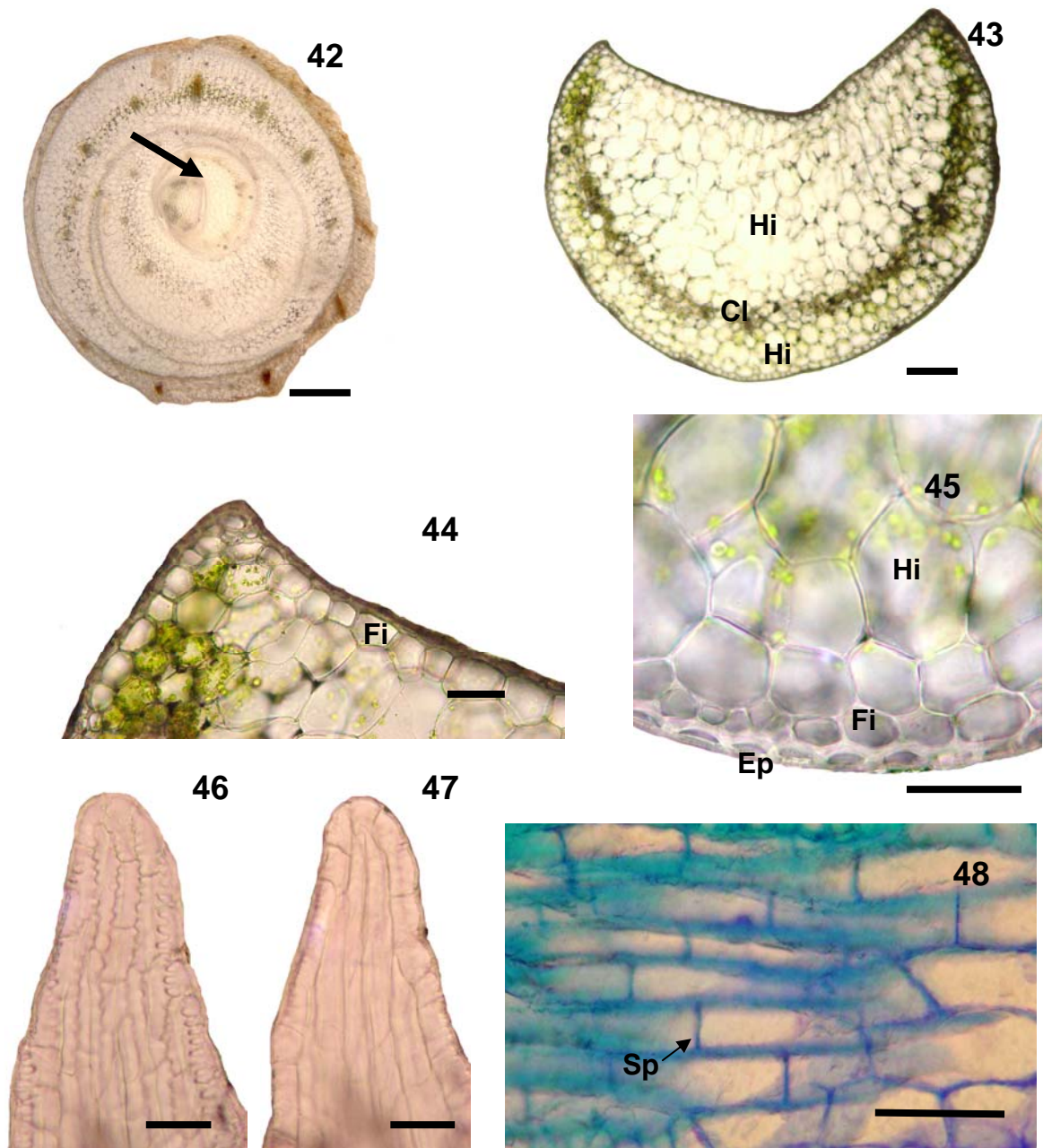


**Figs. 30-38.** Face abaxial de lâminas foliares de *Dyckia distachya* Hassler. **30.** Secção transversal. Tricoma peltado protegendo estômatos na zona intercostal. Barra=50 $\mu$ m. **31.** Representação esquemática de tricoma peltado em secção transversal. Note escudo encobrindo ampla superfície da epiderme. Barra=30 $\mu$ m. **32-38.** Tricomas em diferentes fases de desenvolvimento, no sentido acrópeto de folha jovem. **32.** Célula apical de um tricoblasto, em vista frontal. Barra=20 $\mu$ m. **33.** Tricoblasto com células apical e basal, em secção transversal. Barra=20 $\mu$ m. **34.** Tricoblasto, em vista frontal, com duas células apicais. Barra=20 $\mu$ m. **35.** Tricoblasto, em secção transversal, evidenciando células apicais com formato globoso. Barra=20 $\mu$ m. **36.** Tricoblasto com quatro células no disco central e alas em formação. Barra=20 $\mu$ m. **37.** Tricoma peltado, constituído por disco central, já com aspecto indefinido, e alas, mas pouco expandido. Barra=30 $\mu$ m. **38.** Vista frontal de ápice foliar com tricomas peltados expandidos. Barra=50 $\mu$ m. Legenda: Al-ala do tricoma, Dc-disco central do tricoma, Ed-escudo do tricoma, Es-estômato, Pd-pedúnculo do tricoma, Tr-tricoma

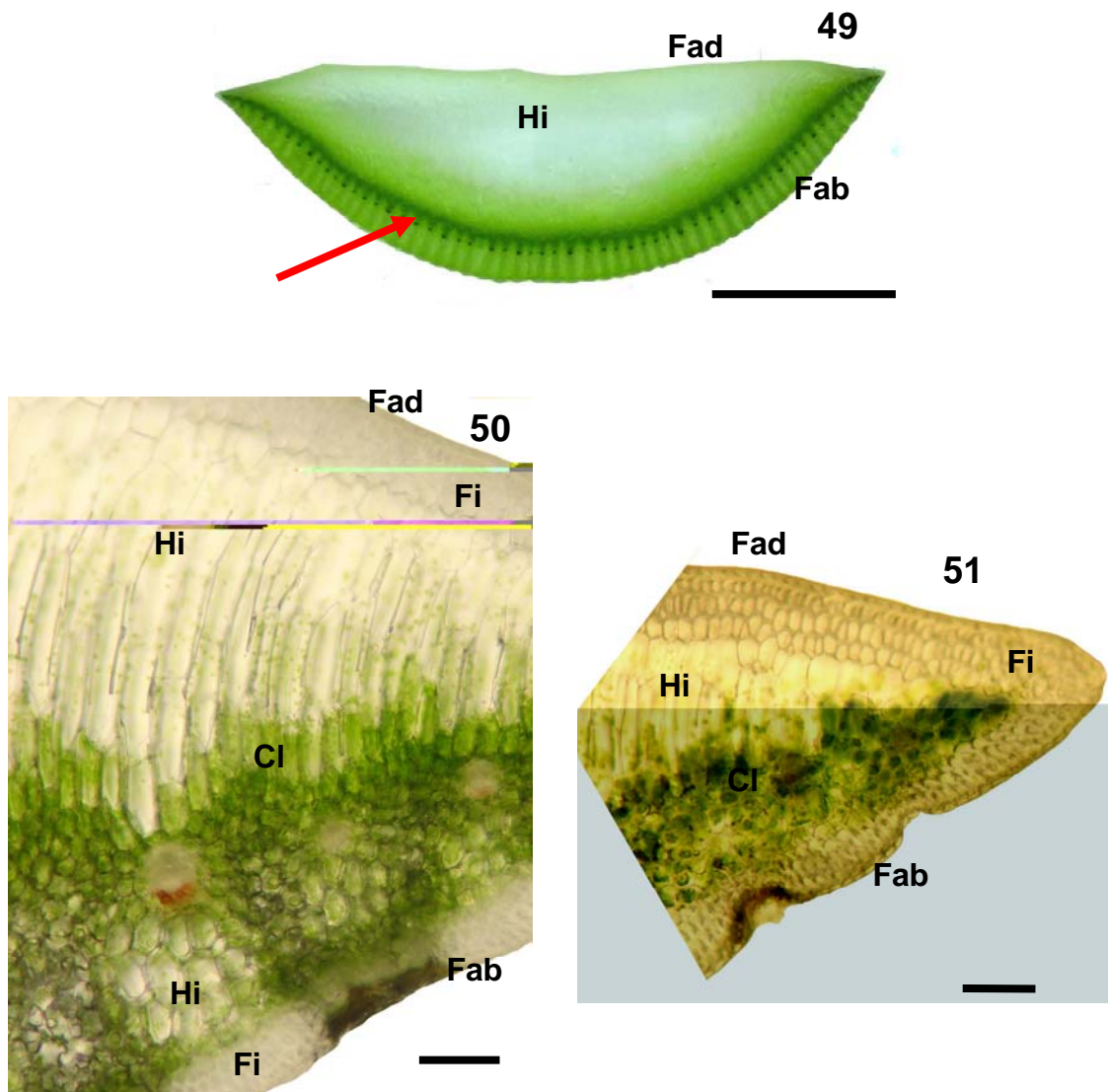




**Figs. 39-41.** Secções transversais de lâminas foliares de *Dyckia distachya* Hassler. **39.** Estratos de fibras septadas, na face adaxial. Amostra infiltrada em historresina e corada com azul de toluidina. Barra=100 $\mu$ m. **40.** Zona costal, na face abaxial, evidenciando estratos de fibras septadas. Amostra infiltrada em historresina e corada com azul de toluidina. Barra=50 $\mu$ m. **41.** Zona intercostal, na face abaxial. Note esclereides. Amostra *in vivo*. Barra=50 $\mu$ m. Legenda: Ec-esclereide, Es-estômatos, Fi-fibras.

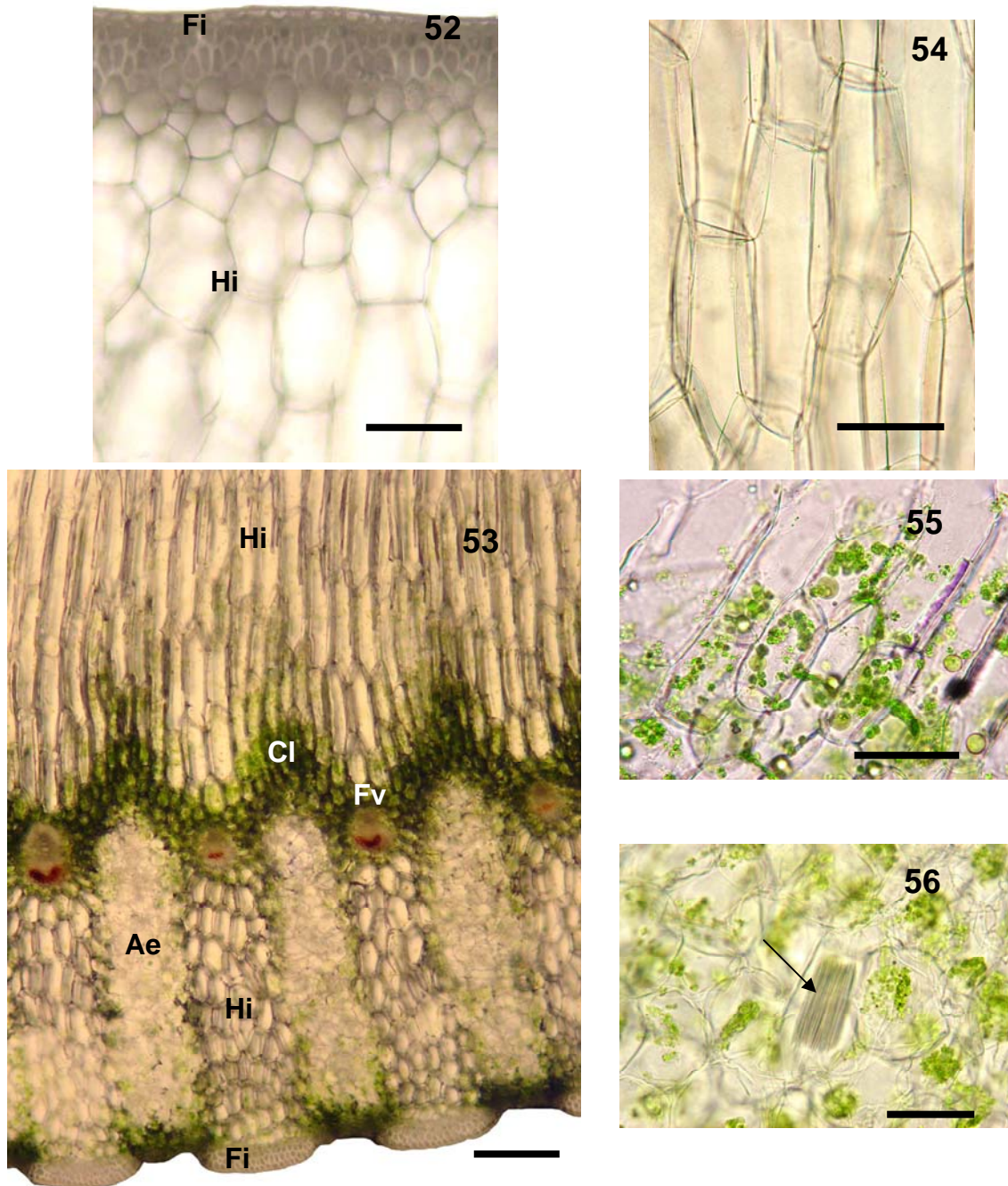


**Figs. 42-48.** Lâminas foliares de *Dyckia distachya* Hassler. **42.** Secção transversal em planta jovem, acima da região de inserção das folhas no caule, destacando os primórdios foliares (seta). Barra=900 $\mu$ m. **43.** Secção transversal de folha jovem. Note o hidrênquima em formação, em ambas faces, sem aerênquima na face abaxial. Barra=150 $\mu$ m. **44.** Detalhe do bordo de folha jovem, em secção transversal. Barra=50 $\mu$ m. **45.** Detalhe da região média, face abaxial, em secção transversal. Note células epidérmicas já com paredes espessas e fibras sem espessamento. Barra=50 $\mu$ m. **46.** Vista frontal da epiderme do ápice de folha jovem. Barra=30 $\mu$ m. **47.** Secção paradérmica do ápice de folha jovem, evidenciando as fibras septadas. Barra=30 $\mu$ m. **48.** Secção paradérmica de folha madura mostrando as fibras septadas. Barra=30 $\mu$ m. Legenda: Cl-clorênquima, Ep-epiderme, Fi-fibras, Hi-hidrênquima, Sp-septo da fibra.

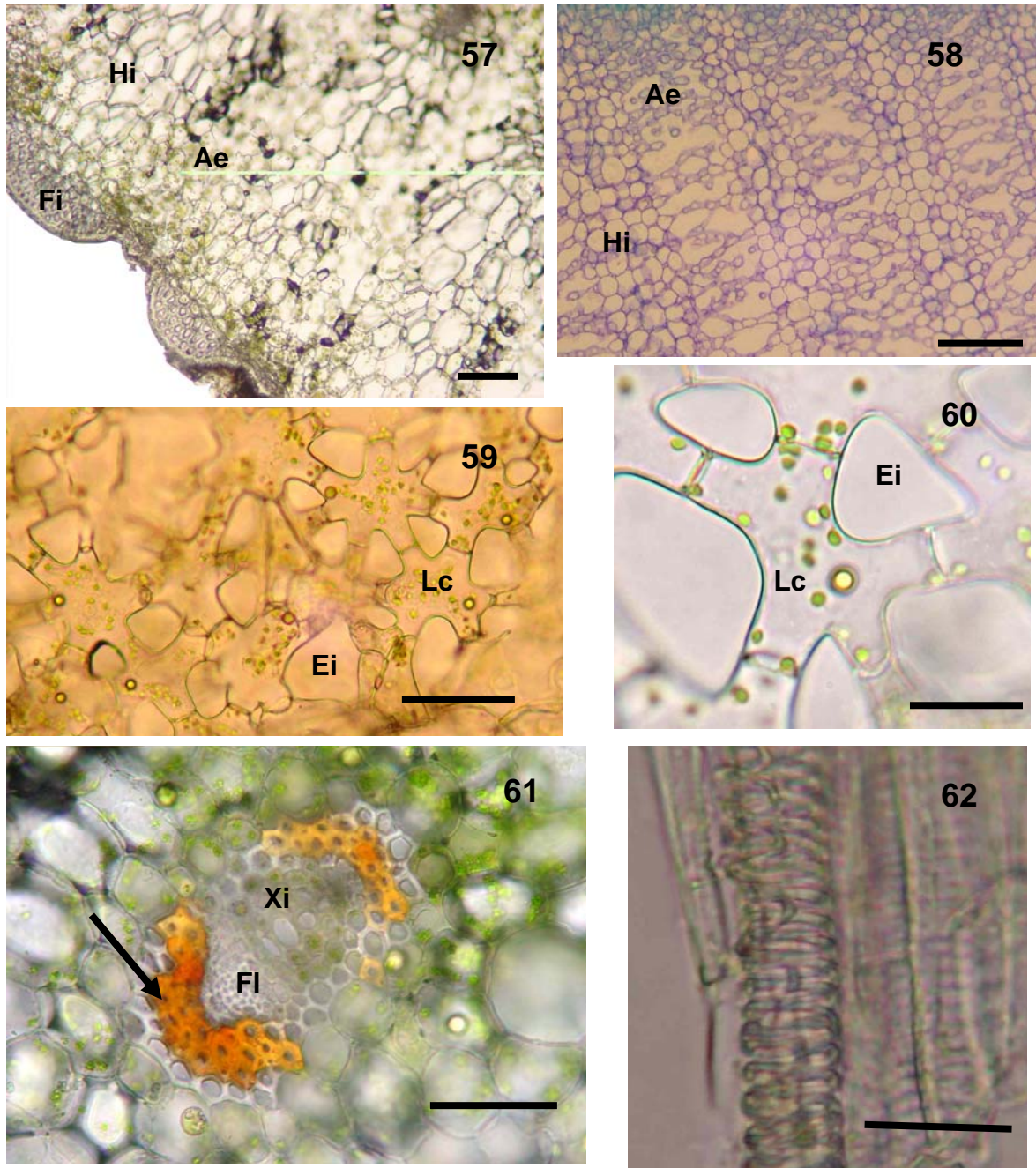


**Figs. 49-51.** Secção transversal da lâmina foliar de *Dyckia distachya* Hassler, *in vivo*. **49.** Note que o hidrênquima da face adaxial é o tecido mais abundante. Seta indica o clorênquima, tecido mais clorofilado. Barra= 5mm. **50.** Tecidos clorofilados e aclorofilados, na porção distante do bordo. Barra=100 $\mu$ m. **51.** Região do bordo foliar. Barra=200 $\mu$ m. Legenda: Cl-clorênquima, Fab-face abaxial, Fad-face adaxial, Fi-fibras, Hi-hidrênquima.



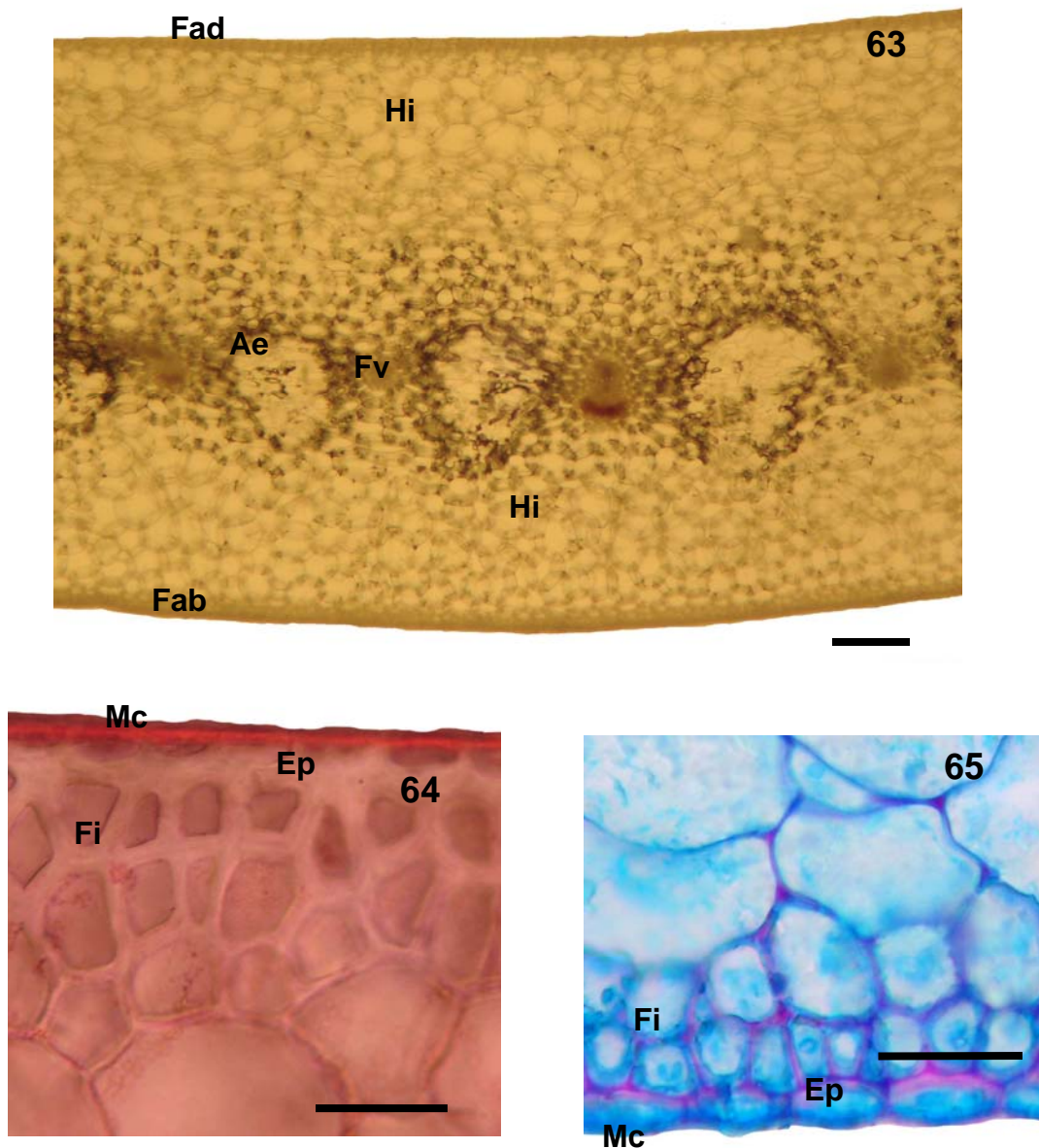


**Figs. 52-56.** Secções transversais da lâmina foliar de *Dyckia distachya* Hassler. **52.** Face adaxial, amplamente ocupada por hidrênquima, com células mais alongadas no sentido interno. Barra=100 $\mu$ m. **53.** Aspecto geral dos tecidos desde o hidrênquima adaxial até a epiderme na face abaxial. Barra=200 $\mu$ m. **54.** Detalhe das células do hidrênquima adaxial. Barra=50 $\mu$ m. **55.** Células do hidrênquima posicionadas mais internamente na folha. Observe ocorrência de cloroplastos. Barra=50 $\mu$ m. **56.** Detalhe de idioblasto com ráfides (seta) entre células do clorênquima. Barra=50 $\mu$ m. Legenda: Ae-aerênquima, Cl-clorênquima, Fi-fibras, Fv-feixe vascular, Hi-hidrênquima.



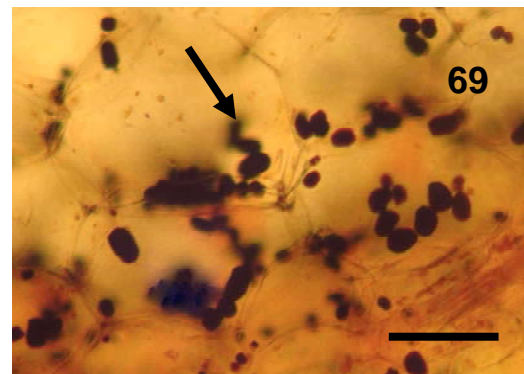
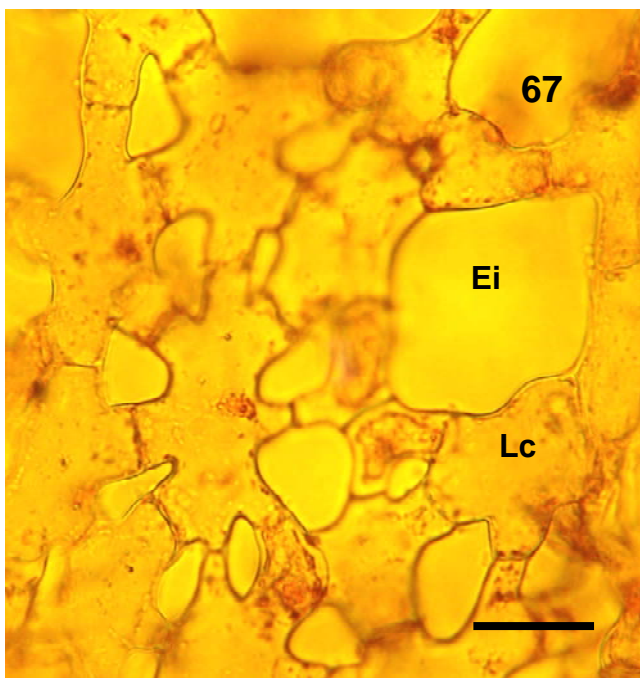
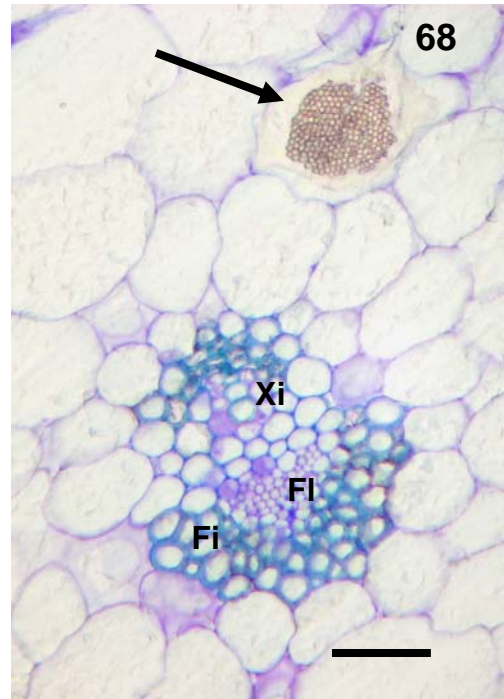
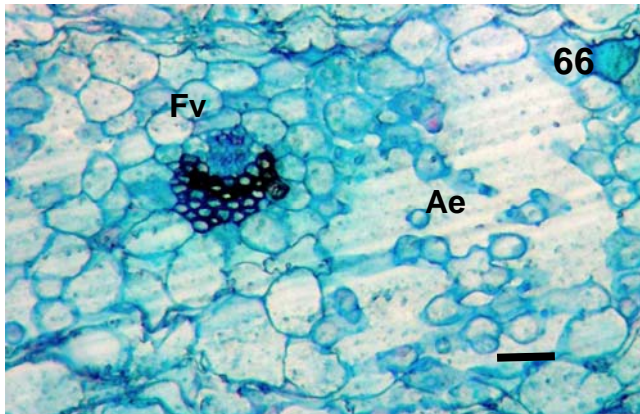
**Figs. 57-62.** Lâminas foliares de *Dyckia distachya* Hassler. **57.** Secção transversal da face abaxial. Observe a alternância entre aerênquima e hidrênquima. Barra=100  $\mu$ m. **58.** Secção transverso-longitudinal mostrando alternância do entre aerênquima e hidrênquima. Amostra infiltrada em historresina e corada com azul de toluidina. Barra=200 $\mu$ m. **59.** Secção transversal na região do aerênquima. Observe os amplos espaços intercelulares. Barra=50 $\mu$ m. **60.** Detalhe de célula estrelada do aerênquima. Barra=20 $\mu$ m. **61.** Secção transversal de amostra *in vivo*, destacando feixe vascular colateral e delimitado por fibras (seta). Barra=50 $\mu$ m. **62.** Elemento de vaso com espessamento espiralado, em secção longitudinal. Barra=20 $\mu$ m. Legenda: Ae-aerênquima, Ei-espaço intercelular, Fi-fibras, Fl-floema, Hi-hidrênquima, Lc-lume celular, Xi-xilema.



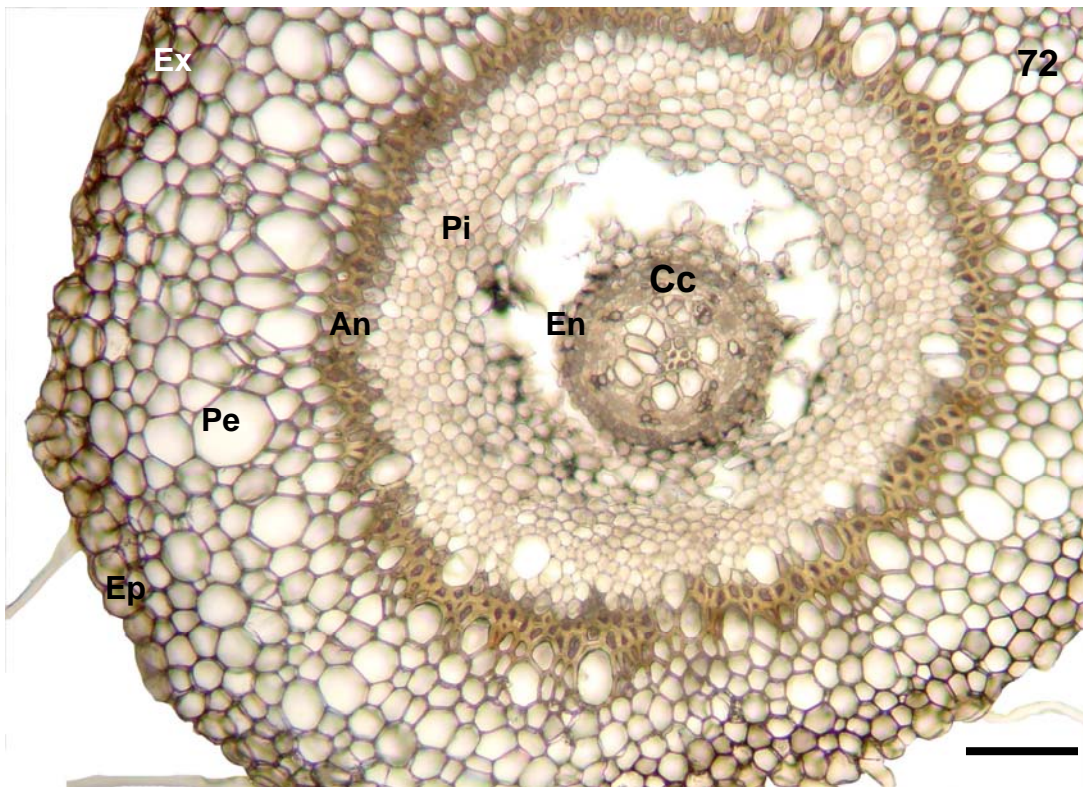
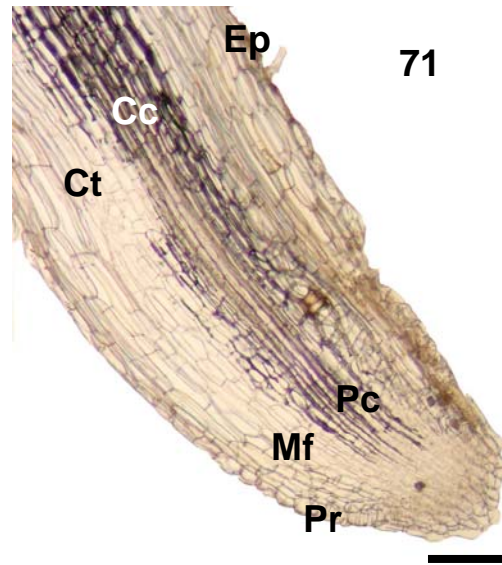


**Figs. 63-65.** Secções transversais de bainha foliar de *Dyckia distachya* Hassler. **63.** Vista geral de amostra *in vivo*. Observe alternância entre aerênquima e feixes vasculares na região central. Barra=150 $\mu$ m. **64.** Observe membrana cuticular, na face adaxial, espessa, em reação com Sudan IV. Barra=50 $\mu$ m. **65.** Detalhe de tecidos da face abaxial. Amostra infiltrada em historresina e corada com azul de toluidina. Barra=30 $\mu$ m. Legenda: Ae-aerênquima, Ep- epiderme, Fab-face abaxial, Fad-face adaxial, Fi-Fibras, Fv-feixe vascular, Hi-hidrênquima, Mc-membrana cuticular



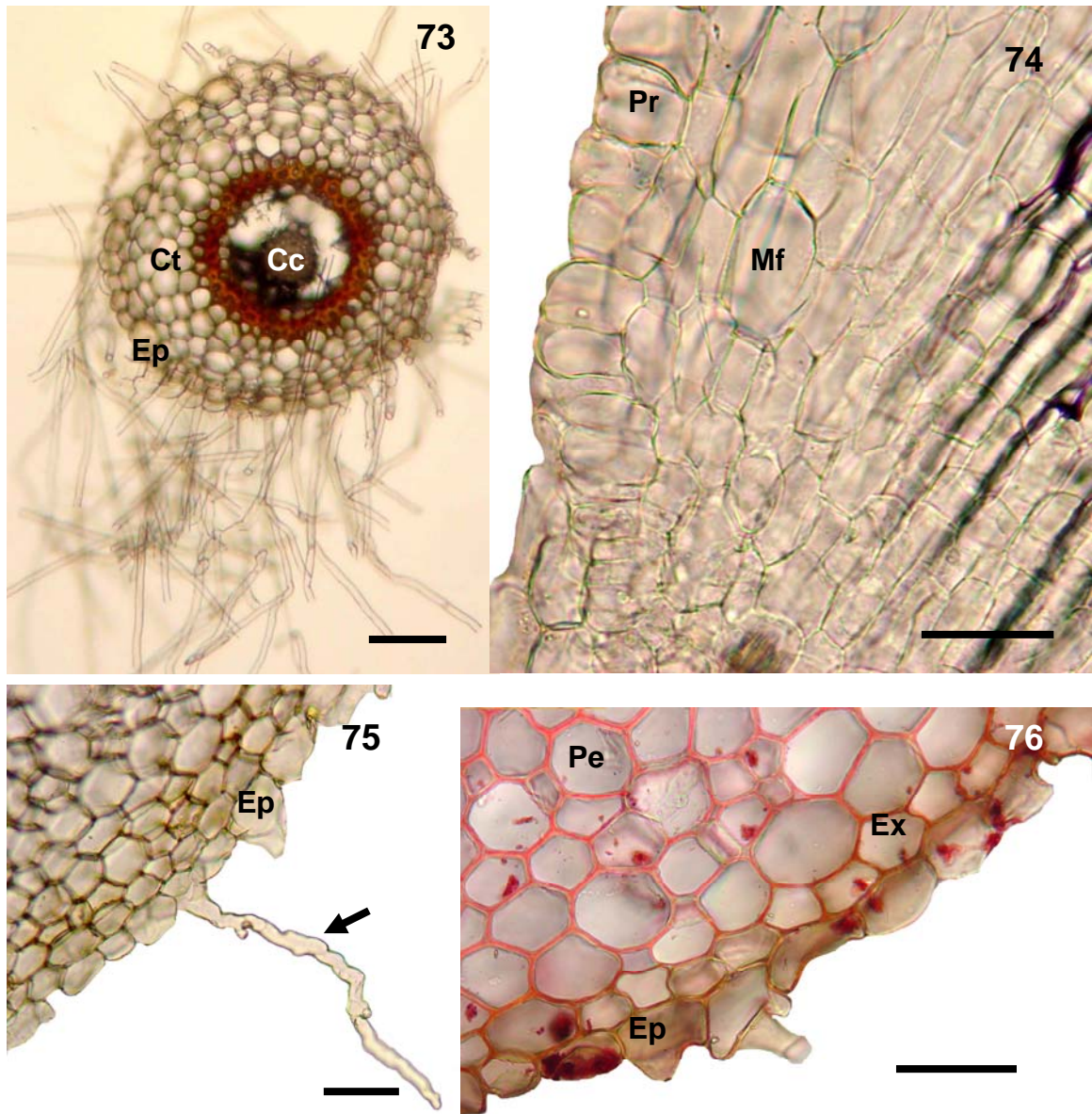


**Figs. 66-69.** Secções transversais de bainha foliar de *Dyckia distachya* Hassler. **66.** Aerênquima intercalado por feixe vascular região central. Barra=50 $\mu$ m. **67.** Observe as células estreladas do aerênquima. Barra=30 $\mu$ m. **68.** Feixe vascular colateral. Note idioblasto com ráfides seccionadas transversalmente (seta). Barra=50 $\mu$ m. **69.** Células parenquimáticas evidenciando reação amido com lugol (seta). Barra=30 $\mu$ m. Legenda: Ae- aerênquima, Ei- espaço intercelular, Fi-fibras, FI-floema, Fv- feixe vascular, Lc-lume celular, Xi-xilema.

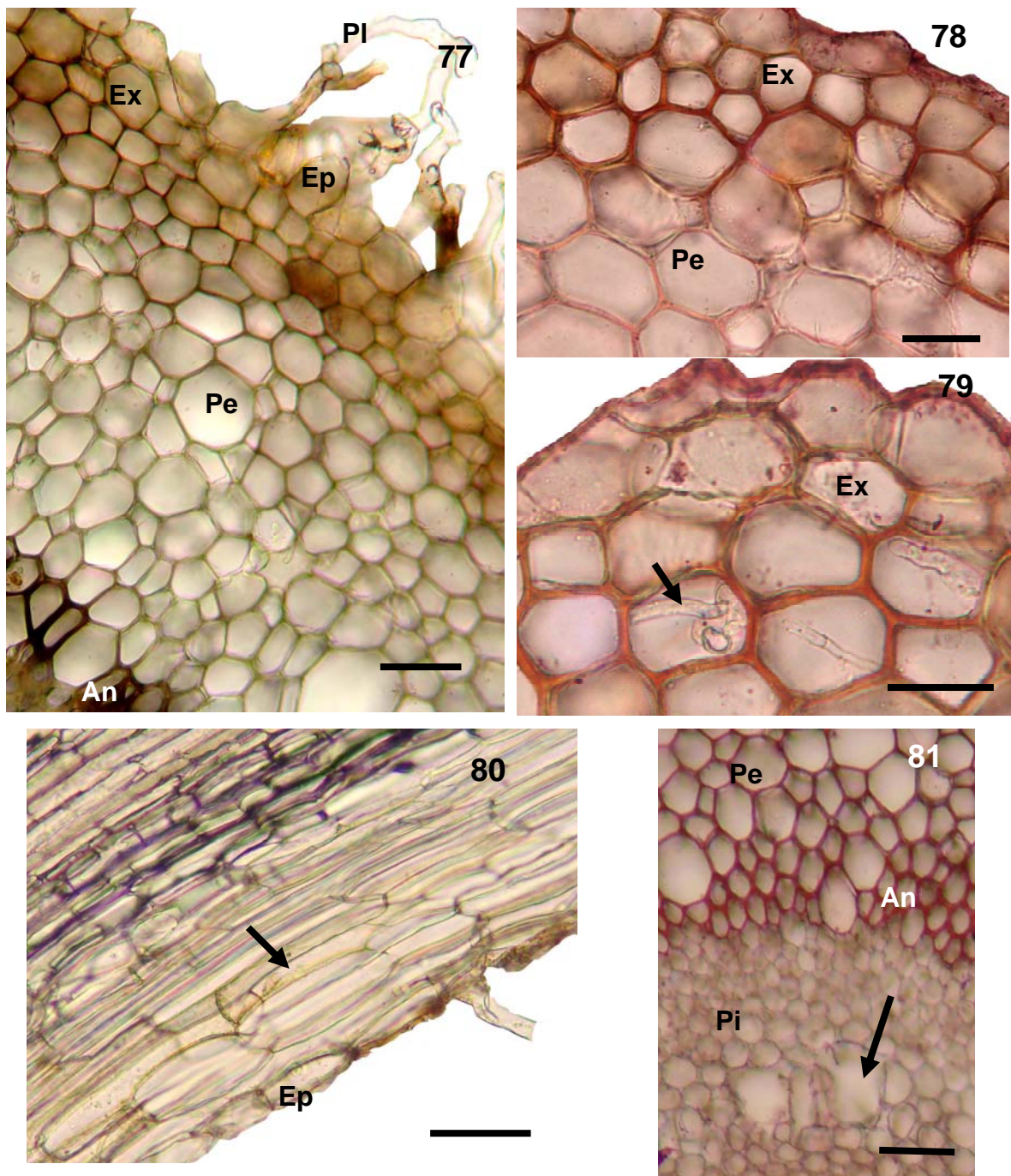


**Figs. 70-72.** Raiz adventícia de *Dyckia distachya* Hassler. **70.** Aspecto geral macroscópico de uma raiz com ramificações (seta). Barra=2cm. **71.** Secção longitudinal de região apical. Barra=100 $\mu$ m. **72.** Aspecto geral de secção transversal da região média. Barra=100 $\mu$ m. Legenda: An-anel esclerenquimático, Ep-epiderme, Ex-exoderme, Cc-cilindro central, Ct-córtex, En-endoderme, Mf-meristema fundamental, Pc-procâmbio, Pi-parênquima interno, Pe-parênquima externo, Pr-protoderme.



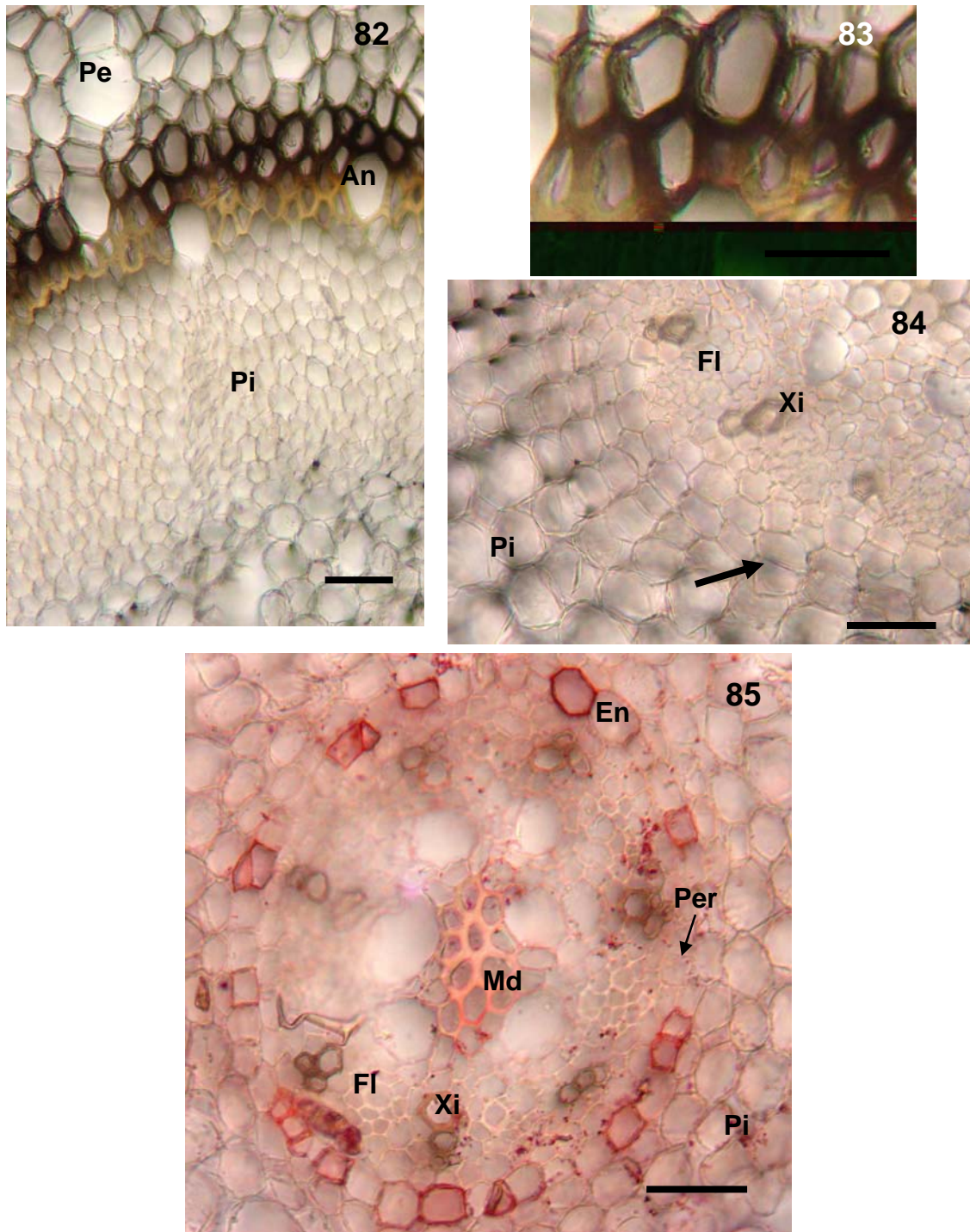


**Figs. 73-76.** Raiz adventícia de *Dyckia distachya* Hassler. **73.** Secção transversal da região média. Note os pêlos absorventes. Barra=10 $\mu$ m. **74.** Secção longitudinal da região apical. Barra=30 $\mu$ m. **75.** Secção transversal da região média. Note o pêlo absorvente (seta). Barra=50 $\mu$ m. **76.** Secção transversal da região média. Amostra em reação com Sudan IV. Note epiderme uniestratificada. Barra=40 $\mu$ m. Legenda: Cc-cilindro central, Ct-córtex, Ep-epiderme, Ex-exoderme, Mf-meristema fundamental, Pe-parênquima externo, Pr-protoderme.

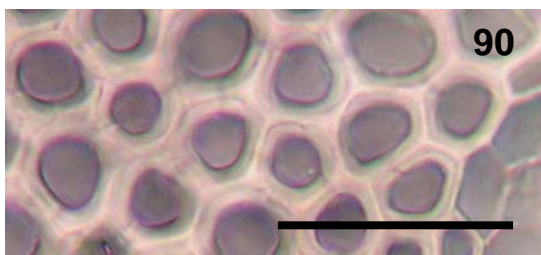
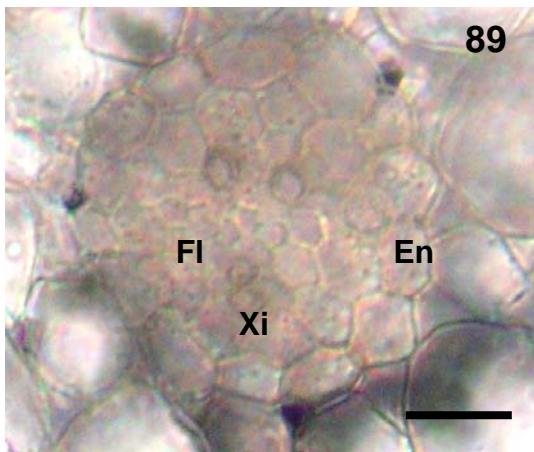
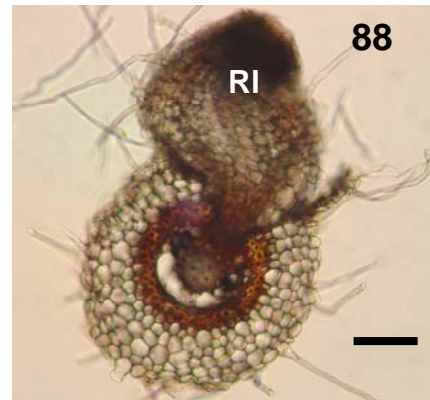
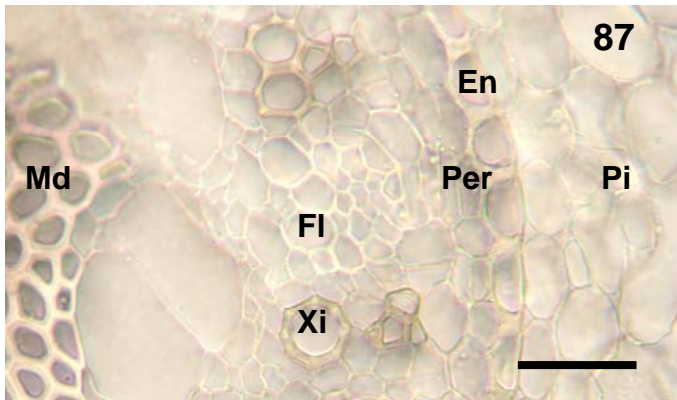
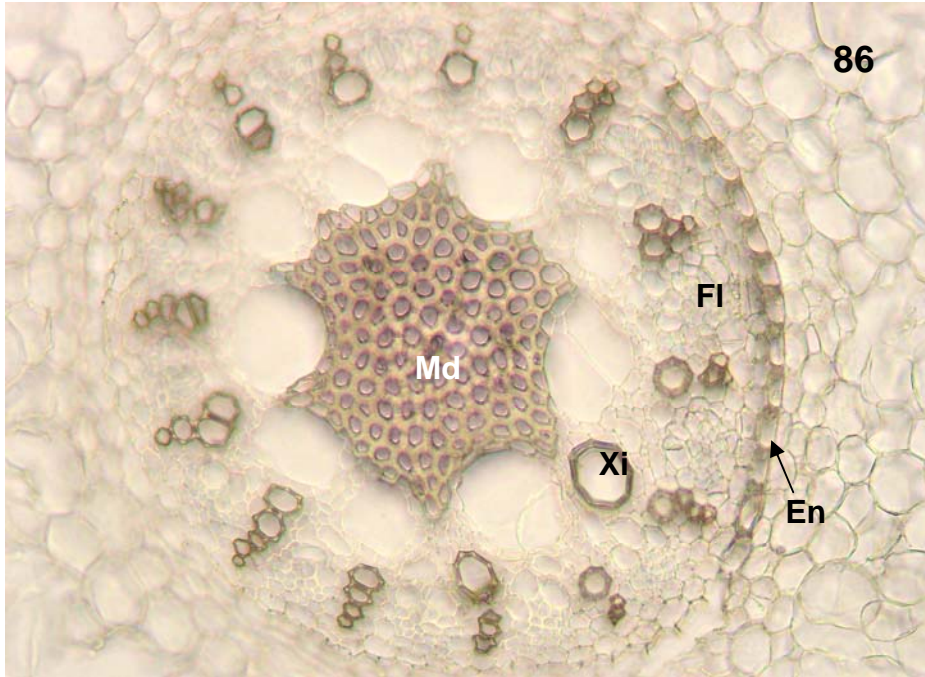


**Figs. 77-81.** Raiz adventícia de *Dyckia distachya* Hassler. **77-78.** Secções transversais da região média. **77.** Aspecto geral de tecidos periféricos. Barra=50µm. **78.** Detalhe evidenciando paredes de células da exoderme em reação com Sudan IV. Barra=40µm. **79.** Note micorrizas (seta) nas células da exoderme. Barra=30µm. **80.** Secção longitudinal, próximo à região apical, *in vivo*. Observe espessamento da parede de células da exoderme (seta). Barra=50µm. **81.** Secção transversal da região média, em reação com Sudan IV. Note espaço intercelular (seta). Barra=50µm. Legenda: An-anel esclerênquimático, Ep-epiderme, Ex-exoderme, Mf-meristema fundamental, Pe-parênquima externo, Pi-parênquima interno, PI-pêlo absorvente.





**Figs. 82-85.** Secções transversais da raiz adventícia de *Dyckia distachya* Hassler. **82.** Região mediana do córtex, *in vivo*. Note anel esclerenquimático com coloração natural acastanhada. Barra=50 $\mu$ m. **83.** Detalhe das fibras do anel. Barra=40 $\mu$ m. **84.** Porção mais interna da raiz evidenciando endoderme meristemática. Note células com indício de divisão recente (seta). Barra=30 $\mu$ m. **85.** Cilindro central delimitado por endoderme (espessamento em "O"). Amostra em reação com Sudan IV. Barra=30 $\mu$ m. Legenda: An-anel esclerênquimático, En-endoderme, Fi-floema, Md-medula, Pe-parênquima externo, Per-periciclo, Pi-parênquima interno, X-xilema.



**Figs. 86-90.** Seções transversais da raiz adventícia de *Dyckia distachya* Hassler. **86.** Cilindro central delimitado por endoderme. Amostra em reação com fluoroglucina ácida. Barra=40 $\mu$ m. **87.** Note endoderme, com espessamento em "U", e periciclo imediatamente interno. Barra=30 $\mu$ m. **88.** Raiz lateral proveniente do periciclo. Barra=100 $\mu$ m. **89.** Cilindro central na região apical. Observe os três arcos de xilema. Barra= 50 $\mu$ m. **90.** Detalhe das células da medula. Barra= 30 $\mu$ m. Legenda: En-endoderme, Fl-floema, Md-Medula, Per-periciclo, Pi-parênquima interno, Rl-raiz lateral, Xi-xilema.