

# Aplicações taxonômicas da anatomia foliar de espécies amazônicas de *Oenocarpus* Mart. (Arecaceae)<sup>1</sup>

Rolf Junior Ferreira Silva<sup>2,3</sup> e Raimunda Conceição de Vilhena Potiguara<sup>2</sup>

Recebido em 28/08/2007. Aceito em 15/02/2008

**RESUMO** – (Aplicações taxonômicas da anatomia foliar de espécies amazônicas de *Oenocarpus* Mart. (Arecaceae)). Neste trabalho, objetivou-se estudar a anatomia foliar de *Oenocarpus bacaba* Mart., *O. distichus* Mart., *O. mapora* H. Karst. e *O. minor* Mart., visando verificar se existem entre as espécies diferenças anatômicas qualitativas úteis a sua delimitação taxonômica. Observou-se que as pinas de todos os representantes são anfiestomáticas e apresentam tecido epidérmico heteromórfico revestido por cutícula lisa, sobre a qual há depósitos de cera epicuticular nas formas filamentosas de extremidade gancheiforme e em placas retangulares; possuem estômatos tetracíticos e tricomas tectores bifilamentosos. O mesófilo é dorsiventral com braquiesclereídes, estruturas secretoras de mucilagem e feixes vasculares colaterais secundários e terciários, para os secundários diagnosticou-se quatro tipos, sendo o tipo III, com três vasos metaxilemáticos, o único comum às espécies. Características como: estômatos cicloclíticos; número de estratos do tecido de expansão; formas da nervura central e margem das pinas, mostraram-se peculiares a determinados *taxa*. Para o axis foliar, constatou-se que a forma e organização celulares do tecido parenquimático, nas regiões central e mediana, difere entre as espécies. Elaborou-se uma chave de identificação anatômica para as espécies de *Oenocarpus* Mart. analisadas, demonstrando que há entre estas diferenças estruturais significativas a nível qualitativo.

**Palavras-chave:** anatomia taxonômica, Arecaceae, *Oenocarpus* Mart.

**ABSTRACT** – (Leaf anatomy applied to the taxonomy of Amazonian species of *Oenocarpus* Mart. (Arecaceae)). Our aim was to study the leaf anatomy of *Oenocarpus bacaba* Mart., *O. distichus* Mart., *O. mapora* H. Karst. and *O. minor* Mart. in order to verify if there are qualitative anatomical features useful in taxonomy. Common features of the four species' leaflets are amphistomatic lamina; heteromorphic epidermal tissue; smooth cuticle; epicuticular wax in the form of hooked filaments and rectangular plates; tetracytic stomata; non-glandular, two-filamented trichomes; dorsiventral mesophyll with brachysclereids, mucilage secretory structures, type III secondary, with three metaxylem vessels, and tertiary vascular bundles. However, cyclocytic stomata; number of expansion tissue layers; shape of midrib and edge were peculiar to some *taxa*. The middle and central regions of the leaf axis differ among *Oenocarpus* Mart. species in cell shape and organization of the parenchyma tissue. An anatomical key is given for the species of *Oenocarpus* Mart., showing that there are significant qualitative structural differences among these species.

**Key words:** taxonomic anatomy, Arecaceae, *Oenocarpus* Mart.

## Introdução

A família Arecaceae, considerada uma das mais comuns entre as Liliopsidas, é a única incluída na ordem Arecales, apresentando distribuição predominantemente pantropical (Cronquist 1981; Dahlgren & Clifford 1982). Possui cerca 1.500 espécies em 200 gêneros endêmicos pertencentes a seis subfamílias, sendo que nas Américas está representada por 550 espécies e 67 gêneros (Henderson *et al.* 1995). No Brasil, Souza & Lorenzi (2005) consideram 40 gêneros e 200 espécies.

As palmeiras, denominação vernacular das Arecaceae, constituem um dos componentes mais característicos da paisagem amazônica (Kahn 1988).

Região esta que abriga aproximadamente 50% dos gêneros e 30% das espécies de palmeiras Neotropicas (Henderson *et al.* 1995). Kahn & De Granville (1992) assinalam que das seis subfamílias definidas por Dransfield & Uhl (1986) para as Arecaceae, cinco possuem representantes na Amazônia: Coryphoideae, Calamoideae, Ceroxyloideae, Arecoideae e Phytelphantoideae. Destas, Arecoideae é a que apresenta o maior número de gêneros à região (28 gêneros), sendo *Astrocaryum* G.F.W. Meyer, *Bactris* N.J. Jacquin ex Scopoli, *Geonoma* Willdenow e *Oenocarpus* Martius os mais diversificados, que juntos correspondem a mais de 50% do total de espécies. Para *Oenocarpus* Martius, Balick (1986) cita nove espécies

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro Autor

<sup>2</sup> Museu Paraense Emílio Goeldi, Coordenação de Botânica, C. Postal 399, 66040-170 Belém, PA, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: rolfjr@hotmail.com

que estão distribuídas no norte da América do Sul, estendendo-se ao norte para a América Central e, ao sul, para o Brasil e Bolívia.

No entanto, apesar da importância entre as plantas amazônicas, as palmeiras estão entre os grupos menos estudados na região, devido às dificuldades de coleta e a necessidade de grandes espaços para acondicioná-las, o que pode ser constatado pela pequena quantidade de exemplares depositados nos herbários (Kahn & De Granville 1992; Miranda 2003).

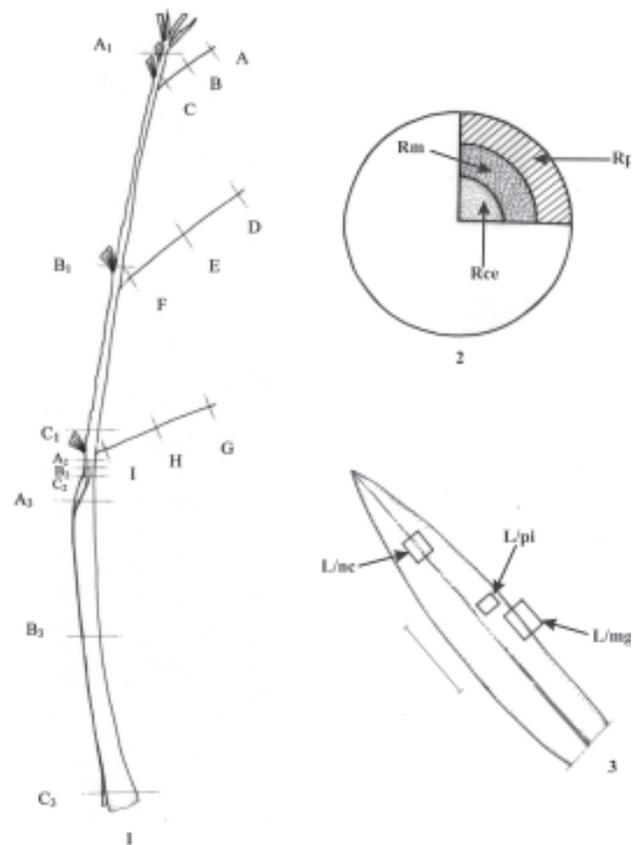
Sabe-se que a anatomia vegetal fornece importantes contribuições à elucidação de relações ecológicas, taxonômicas e filogenéticas das plantas vasculares, assim como para a fisiologia das mesmas. Neste sentido, Uhl & Dransfield (1987) enfatizam que estudos anatômicos são significativos para a classificação das palmeiras, visto que estas se mostram variáveis na estrutura interna tanto como na externa e, desta maneira, contribuem na determinação de novas características que permitem avaliar as suas inter-relações e mudanças evolutivas. Mesmo assim, trabalhos sobre *Arecaceae* na Amazônia têm direcionado-se principalmente aos aspectos alimentar, medicinal e sócio-econômico, conforme verificado em trabalhos etnobotânicos de Balick (1984), Jardim & Cunha (1994), Jardim & Stewart (1998), Rocha & Silva (2005) e outros, havendo escassez de pesquisas histológicas com enfoque taxonômico.

Devido *Oenocarpus* Martius ser considerado um grupo uniforme do ponto de vista anatômico, no qual as diferenças estruturais quando presentes, dão-se apenas em nível quantitativo (Tomlinson 1961), somado ao alto grau de hibridação intra-específica, que o torna de difícil identificação, e por ser pouco estudado taxonomicamente, o presente trabalho objetivou estudar a anatomia foliar de quatro espécies deste gênero: *O. bacaba* Mart., *O. distichus* Mart., *O. mapora* H. Karst. e *O. minor* Mart., visando verificar se existem entre estas diferenças anatômicas qualitativas úteis a sua delimitação taxonômica.

## Material e métodos

As espécies de *Oenocarpus* Mart. estudadas foram coletadas em duas áreas do município de Belém, Estado do Pará: no Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e na Área de Proteção Ecológica do Guamá (APEG). Os espécimes encontram-se depositados no Herbário João Murça Pires (MG), pertencente ao MPEG, com as seguintes especificações: *O. minor* Mart. (MG 178490), *O. distichus* Mart. (MG 178491), *O. mapora* H. Karst. (MG 178492) e *O. bacaba* Mart. (MG 178493).

Para a análise anatômica, foram utilizadas folhas maduras retiradas da periferia da coroa, fixadas em F.A.A.<sub>70</sub> (Johansen 1940) por 24 horas e, posteriormente, conservadas em álcool a 70%. Foram consideradas três regiões ao axis foliar (ráquis, pecíolo e bainha foliar) e pinas: apical, mediana e basal (Fig. 1). Do axis foliar, foram retiradas amostras das regiões periférica, central e mediana (Fig. 2). Das pinas, foram selecionados o ápice, porção mediana e base do limbo, que foi subdividido em margem, nervura central e porção intermediária (Fig. 3). Nestas amostras, foram realizadas secções à mão livre, transversais e longitudinais, clarificadas em solução aquosa de hipoclorito de sódio comercial na proporção de 2:1 (v/v), com posterior lavagem em água destilada, coloração segundo Johansen (1940) e montagem em glicerina 50% aquosa entre lâmina e



Figuras 1-3. Representação esquemática das secções realizadas nas folhas das espécies de *Oenocarpus* Mart. estudadas. 1. Representação geral. A: Ápice das pinas apicais; B: Porção mediana das pinas apicais; C: Base das pinas apicais; D: Ápice das pinas medianas; E: Porção mediana das pinas medianas; F: Base das pinas medianas; G: Ápice das pinas basais; H: Porção mediana das pinas basais; I: Base das pinas basais; A1: Ráquis apical; B1: Ráquis mediano; C1: Ráquis basal; A2: Pecíolo apical; B2: Pecíolo mediano; C2: Pecíolo basal; A3: Bainha foliar apical; B3: Bainha foliar mediana; C3: Bainha foliar basal. 2. Axis foliar. Rce: Região central; Rm: Região mediana; Rp: Região periférica. 3. Pinas. L/mg: Limbo/margem; L/nc: Limbo/nervura central; L/pi: Limbo/porção intermediária. Barras: 1 = 1 m; 3 = 15 cm.

lamínula. Quando necessário, amostras das regiões foliares acima citadas foram submetidas ao amolecimento de acordo com Carlquist (1982) e após desidratação, infiltração e inclusão em parafina histológica segundo Johansen (1940), foram seccionadas em micrótomo rotativo na espessura de 20 µm, coradas segundo o mesmo autor e montadas em bálsamo-do-canadá entre lâmina e lamínula.

Para o estudo da epiderme, secções das pinas foram fervidas em solução aquosa de ácido nítrico 20% por 30 minutos, seguindo-se a coloração, desidratação e pós-desidratação de Kraus & Arduin (1997), com montagem em bálsamo-do-canadá entre lâmina e lamínula.

Testes histoquímicos foram empregados em material botânico não fixado, tanto em secções obtidas à mão como em epidermes dissociadas. A mucilagem foi detectada segundo Salatino & Silva (1975), corpos silicosos e lignina foram diagnosticados segundo Jensen (1962).

Para o exame em microscopia eletrônica de varredura (MEV), amostras foliares desidratadas foram processadas em secador de ponto crítico, montadas em suportes metálicos e metalizadas com ouro com 20 nm de espessura por 150 segundos em corrente de 25 mA.

Microanálises para substâncias minerais foram realizadas com detector de energy dispersive spectroscopy (EDS), equipado com janela Be e acoplado ao MEV.

As fotomicrografias e eletromicrografias foram obtidas, respectivamente, em fotomicroscópio Zeiss e microscópio eletrônico de varredura Leo modelo 1450 VP, sendo as escalas micrométricas projetadas nas mesmas condições ópticas.

A descrição dos dados anatômicos obtidos seguiu a terminologia adotada por Tomlinson (1961; 1990), Metcalfe & Chalk (1979) e Fahn (1990).

## Resultados e discussão

Pinas – A epiderme em vista frontal, nas espécies de *Oenocarpus* Mart. estudadas, apresenta as regiões costal e intercostal da face adaxial formadas por células isodiamétricas de contornos hexagonais, com paredes anticliniais retas e organizadas paralelamente ao eixo longitudinal das pinas (Fig. 4), ocorrendo esporadicamente células de aspecto retangular e esférico (Fig. 5). Na região intercostal da face abaxial, as células epidérmicas são heterodimensionais de paredes anticliniais retas, apresentando formas variadas e sem organização definida, já na região costal estas células assumem aspectos retangulares, algumas com uma ou ambas as extremidades agudas e seguindo o sentido das nervuras (Fig. 6-7). Estômatos e tricomas ocorrem predomina-

mente na face abaxial da epiderme (Fig. 6).

Os estômatos são tetracíticos, organizados em fileiras longitudinais paralelas ou perpendiculares às nervuras. Podem ocorrer células geminadas, isto é, células subsidiárias (polares ou não) comuns a dois estômatos (Fig. 7, 9). Tomlinson (1969) cita que estes tipos de estômatos são comuns a poucas famílias de Liliopsidas dentre elas as Arecaceae e Cyperaceae. Na superfície adaxial de *O. minor* Mart. e *O. mapora* H. Karst., foram observados também estômatos ciclocíticos isolados (Fig. 10).

Os tricomas, diagonalmente dispostos à superfície, são tectores, solitários, multicelulares e formados por filamento duplo envolto por cutícula lisa (Fig. 11). Apresentam região basal circundada por cinco a oito células epidérmicas de paredes ligeiramente onduladas, lignificadas, de aspecto semicircular e em disposição imbricada, posicionadas em nível superior as demais células da epiderme (Fig. 8, 12).

Dos cinco tipos de tricomas classificados por Tomlinson (1961) às palmeiras, o que mais se aproxima da descrição feita para os *taxa* de *Oenocarpus* Mart. corresponde ao tipo III, pois consisti de um filamento distal ou expansão semelhante a escudo. O autor considera, ainda, que tricomas estão em geral ausentes na epiderme foliar de Arecaceae, o que pode ser devido ao fato de ter trabalhado com material herborizado ou com estágios de desenvolvimento foliar em que tais apêndices estavam ausentes.

As faces superior e inferior das pinas encontram-se revestidas por cutícula lisa, sobre a qual ocorrem depósitos de cera epicuticular disposta em placas retangulares justapostas e em grupos filamentosos de extremidade ganchiforme (Fig. 13). A cera chega a obstruir o ostíolo de alguns estômatos (Fig. 14).

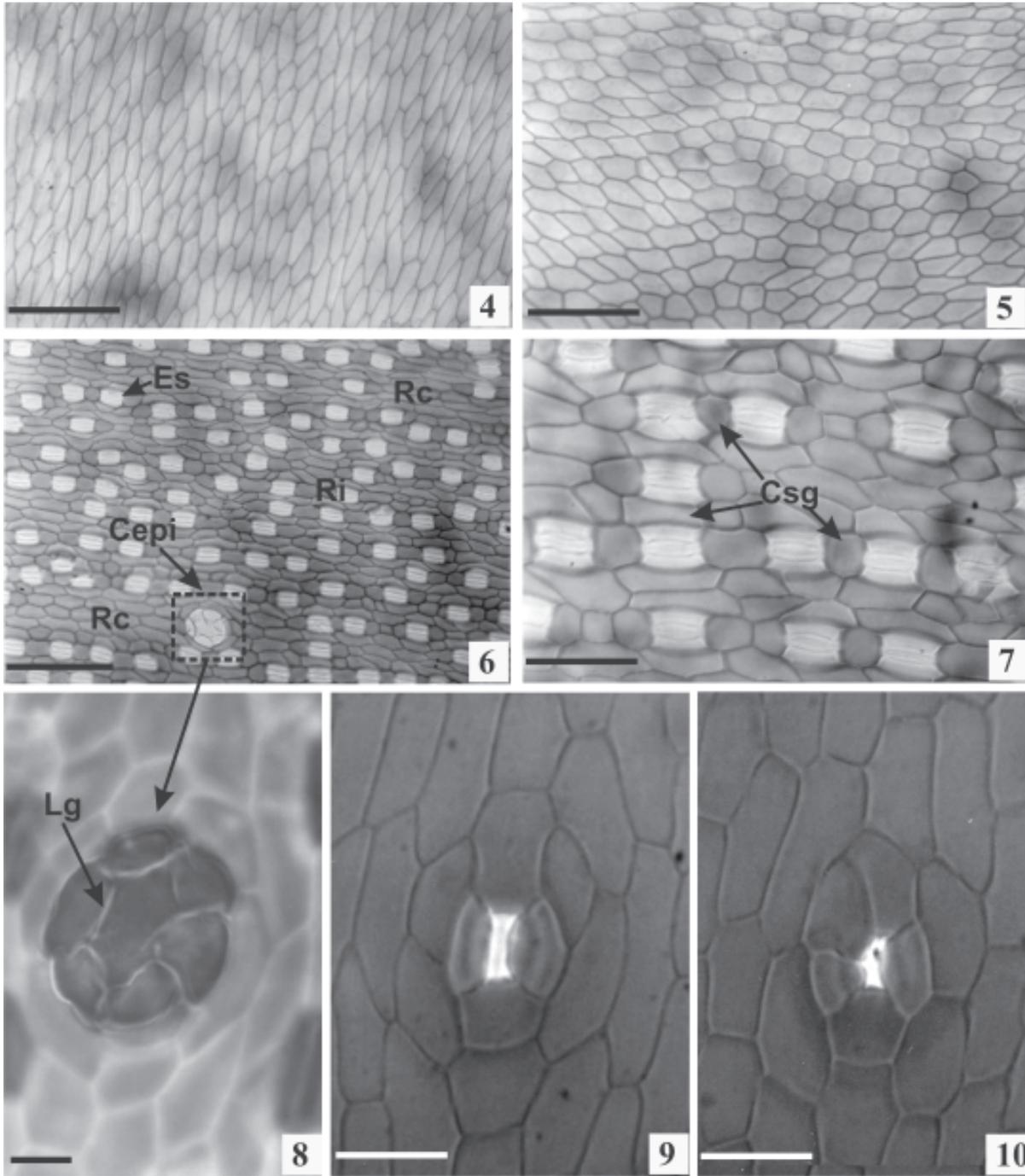
As pinas em secção transversal apresentam ambas as faces formadas por células epidérmicas de aspecto retangular com paredes anticliniais e pericliniais espessadas, cobertas por cutícula lisa de espessamento conspicuo que se projeta ao nível das paredes anticliniais. As células epidérmicas são em geral isodiamétricas na face adaxial e heterodimensionais na abaxial. Na epiderme adaxial ocorre, esporadicamente, uma leve invaginação formando um sulco (Fig. 15-17). Estrutura semelhante foi descrita por Tomlinson (1961) na epiderme abaxial dos gêneros *Ceroxylon* Bonpl. ex DC e *Pseudophoenix* H. Wendl. ex Sarg., palmeiras pertencentes à subfamília Ceroxyloideae.

Corpos silicosos elípticos cobertos por pequenas granulações foram verificados no interior das epidermes adaxial e abaxial (Fig. 16). Segundo Metcalfe & Chalk (1983), os corpos silicosos caracterizam espécies, gêneros e famílias de Liliopsidas, devido a presença e

forma destas incrustações minerais serem determinadas geneticamente e pouco influenciadas por fatores ambientais (Moller & Rassmussen 1984).

Os estômatos em secção transversal estão em nível subepidérmico e, raramente, ao mesmo nível das demais

células epidérmicas. Possuem células subsidiárias arqueiformes e células-guarda de lume estrito e triangular. Nestes apêndices, a cutícula projeta-se pelas margens externas das paredes anticlinais das células-guarda e origina uma saliência cuticular inferiormente



Figuras 4-10. Vista frontal da epiderme das pinas de *Oenocarpus* Mart. 4-8. *O. bacaba* Mart. 4-5. Vista geral da epiderme adaxial. 6. Vista geral da epiderme abaxial. 7. Detalhe da epiderme abaxial. 8. Detalhe evidenciando lignificação das paredes das células que circundam a região basal dos tricomas. 9-10. *O. minor* Mart., epiderme adaxial. 9. Detalhe do estômato tetracítico. 10. Detalhe do estômato cicloclítico. Célula epidérmica imbricada (Cepi); Célula subsidiária geminada (Csg); Estômato (Es); Lignificação (Lg); Região costal (Rc); Região intercostal (Ri). Barras: 4-5 = 100 µm; 6 = 140 µm; 7 = 60 µm; 8 = 20 µm; 9-10 = 60 µm.

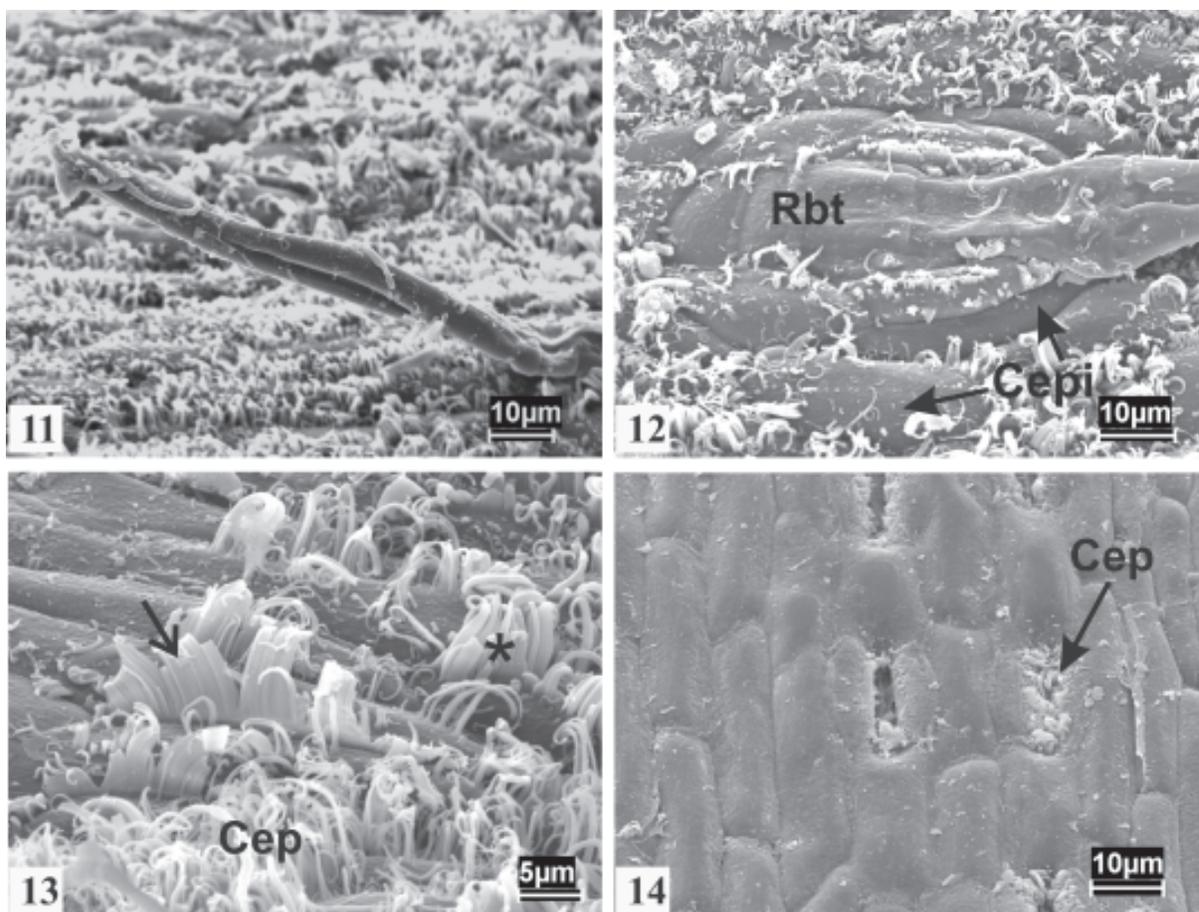
ao poro estomático, denominada por Metcalfe & Chalk (1979) e Fahn (1990) de margem cuticular, a qual delimita uma cavidade interna ou dorsal às proximidades da câmara subestomática (Fig. 18-19).

A morfologia e margem cuticular das células-guarda fornecem um importante diagnóstico a nível genérico e específico (Solereder 1908) conforme constatado em publicações de Tomlinson (1961; 1969) para as *Arecaceae* e *Commelinales-Zingiberales* respectivamente, de Carr & Carr (1979) a *Eucalyptus* L'Hér (*Myrtaceae*) e de Ramassamy & Kannabiran (1996) a membros de *Myrtales*.

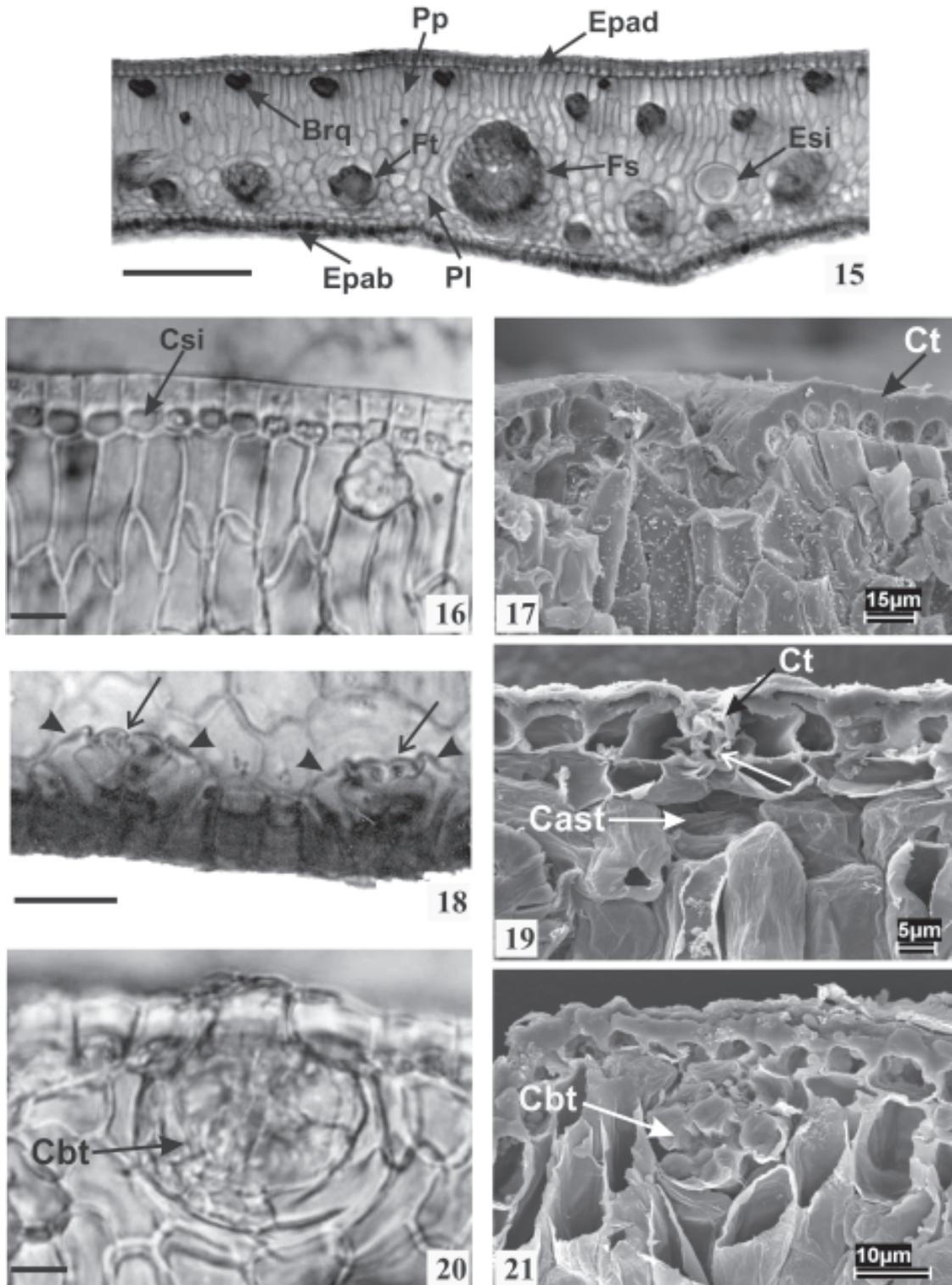
As bases dos tricomas em secção transversal mostram-se constituídas por quatro a sete células de aspecto elipsoidal, lignificadas e em disposição irregular, situadas internamente no mesofilo e associadas ou não a grupos de braquiesclereídes (Fig. 20-21). Os tricomas em palmeiras apresentam sistema basal multicelular persistente, com células freqüentemente esclerenquificadas ou cutinizadas e afundadas no mesofilo, sendo úteis para fins de diagnóstico taxonômico (Tomlinson 1990).

O mesofilo dos *taxa* estudados é dorsiventral. O parênquima paliçádico possui de uma a três camadas de células colunares com paredes retas e alongadas no eixo longitudinal. O parênquima lacunoso é formado por células poligonais irregulares com espaços intercelulares reduzidos, exceto nas regiões subjacentes às células estomáticas onde as lacunas delimitam câmaras subestomáticas (Fig. 15, 19).

Cutler (1978) cita que o mesofilo, independente da diferenciação, pode ser utilizado como um critério a mais na identificação de espécies, pois as variações ambientais não alteram os arranjos celulares por estarem rigidamente controlados pelo genoma. Sabe-se, entretanto, que a quantidade de tecido fundamental do mesofilo, a altura do parênquima paliçádico e a compactação do lacunoso não são úteis para fins de diagnóstico, uma vez que sofrem influencias de fatores como intensidade luminosa, disponibilidade de água do solo, umidade atmosférica e posição da folha na planta segundo Esau (1974) e Raven *et al.* (2001).



Figuras 11-14. Eletromicrografias dos apêndices epidérmicos das pinas de *Oenocarpus* Mart. 11-12. *O. distichus* Mart., face inferior. 11. Tricoma tector. 12. Detalhe das células que circundam a região basal dos tricomas. 13-14. *O. mapora* H. Karst., face superior. 13. Cera epicuticular. 14. Ostíolo estomático obstruído por cera epicuticular. O asterístico indica cera epicuticular em grupos filamentosos e a seta em placas retangulares. Cera epicuticular (Cep); Célula epidérmica imbricada (Cepi); Região basal do tricoma (Rbt).



Figuras 15-21. Seções transversais das pinas de *Oenocarpus* Mart. 15-17. *O. bacaba* Mart. 15. Vista geral do mesofilo. 16. Epiderme adaxial detalhando corpos silicosos elípticos. 17. Eletromicrografia da epiderme adaxial com invaginação. 18-19. *O. minor* Mart. 18. Epiderme abaxial mostrando estômatos sub-epidérmicos. 19: Eletromicrografia da epiderme adaxial detalhando estômato sub-epidérmico. 20-21. *O. distichus* Mart. 20. Detalhe da base do tricoma tector. 21. Eletromicrografia da base do tricoma tector. As setas indicam projeção cuticular e as pontas de seta células subsidiárias. Braquiesclereíde (Brq); Células basais do tricoma (Cbt); Corpo silicoso (Csi); Câmara sub-estomática (Cst); Cutícula (Ct); Epiderme abaxial (Epab); Epiderme adaxial (Epad); Estrutura secretora interna de mucilagem (Esi); Floema (Fl); Feixe secundário (Fs); Feixe terciário (Ft); Parênquima lacunoso (PI); Parênquima paliçádico (Pp). Barras: 15 = 200 µm; 16 = 20 µm; 18 = 60 µm; 20 = 20 µm.

Grupos de braquiesclereídes encontram-se dispersos no clorênquima, alguns tangenciando as epidermes e associados a stegmatas com corpos silicosos esféricos (Fig. 15, 22). A distribuição dos esclereídeos é de interesse especial quanto ao problema de diferenciação nas plantas (Esau 1974). Trabalhos de Foster (1946), Tomlinson (1959) e Rao & Dakshni (1963) demonstram a importância taxonômica do padrão de distribuição e morfologia dos esclereídeos foliares como um carácter genérico, assim como observado nas espécies de *Oenocarpus* Mart. analisadas.

Feixes vasculares colaterais (secundários e terciários) localizam-se principalmente no parênquima lacunoso embora os de dimensões maiores adentrem o paliçádico. Possuem floema indiviso voltado à face abaxial e xilema à adaxial (Fig. 15). Os terciários (de menor porte) possuem meta e protoxilema não distinguíveis, encontram-se envolvidos completa ou parcialmente por bainha parenquimática e apresentam uma pequena concentração de esclerênquima associado a stegmatas com corpos silicosos esféricos ao nível do floema (Fig. 22). Os secundários (de médio porte) com base no número de vasos metaxilemáticos dividem-se em quatro tipos: I, II, III e IV apresentando, respectivamente, um, dois, três e quatro vasos de metaxilema e protoxilema indistinguível. Estes feixes estão circundados por bainha mista, isto é, esclerenquimática (fibras e braquiesclereídes) nos pólos e parenquimática nas laterais, verificando-se uma bainha parenquimática externa de forma parcial (Fig. 23-26).

Os tipos I (Fig. 23), II (Fig. 24) e IV (Fig. 26) ocorrem em *O. distichus* Mart., *O. mapora* H. Karst. e *O. bacaba* Mart. respectivamente. O tipo III (Fig. 25) é comum para todas as espécies. Cutler (1978) assinala que os padrões de arranjo do tecido vascular da lâmina foliar estão sob forte controle genético e por isso sofrem pouca variação ambiental, exceto quanto ao seu número na folha. Sendo assim, a delimitação em tipos proposta aos feixes vasculares acima representa uma relevante adição ao diagnóstico diferencial dos quatro *taxa* de *Oenocarpus* Mart., excluindo-se o tipo III por ser comum aos mesmos.

Estruturas secretoras internas ocorrem entre os parênquimas paliçádico e lacunoso (Fig. 15). Em secção transversal, apresentam-se isodiamétricas e delimitadas por epitélio de células semicirculares com paredes delicadas (Fig. 27). Em secção longitudinal, assumem aspecto alongado, com células epiteliais projetando-se parcialmente para o interior do lume da estrutura (Fig. 28). Algumas sem conteúdo aparente e outras com conteúdo mucilaginoso denso.

Tomlinson (1990) cita que as cavidades secretoras de mucilagem em palmeiras consistem de um

revestimento interno de células epiteliais com paredes delgadas e bastante indiferenciadas, aparentando terem se originado esquizolisigenamente. Afora as implicações ontogênicas, os espaços visualizados nas pinas de *Oenocarpus* Mart. são aqui considerados esquizógenos devido às evidências estruturais.

A nervura central em secção transversal apresenta-se mais proeminente adaxialmente, situando-se na região mediana do limbo das pinas (Fig. 29-32). O preenchimento parenquimático consiste de células heterodimensionais com formas geralmente esféricas, ocorrendo grupos de braquiesclereídes associados ou não a stegmatas com corpos silicosos esféricos, situados principalmente nas adjacências da epiderme. Os esclereídeos distribuem-se por toda a extensão da nervura em *O. minor* Mart. (Fig. 31) e nas três outras espécies situam-se, principalmente, no parênquima voltado à face adaxial (Fig. 29-30, 32).

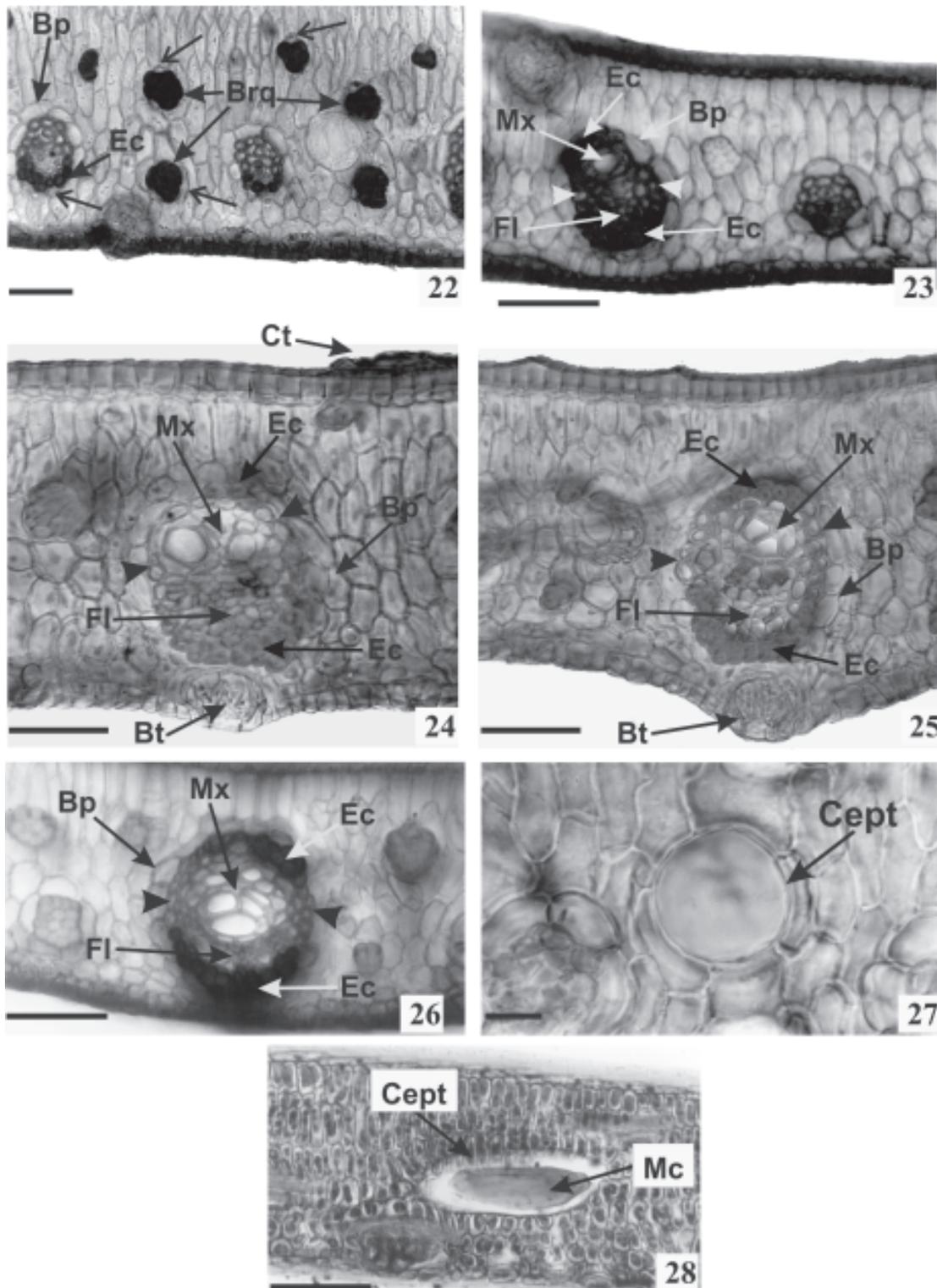
A maior parte desta região está ocupada por tecido esclerenquimático (fibras e braquiesclereídes) compacto, contínuo em *O. minor* Mart. (Fig. 31) e interrompido por parênquima ao nível mediano da nervura nas demais espécies (Fig. 29-30, 32). Feixes vasculares colaterais com floema indiviso e bipartido por um tabique esclerenquimático horizontal ocorrem dispersos no esclerênquima. Observou-se, ainda, massa isolada de tecido floemático em *O. bacaba* Mart. (Fig. 29) e *O. minor* Mart. (Fig. 31).

A forma da nervura central varia, sendo elíptica em *O. bacaba* Mart. (Fig. 29) e *O. mapora* H. Karst. (Fig. 30); côncava na face abaxial e retilínea com arestas arredondadas na face adaxial em *O. minor* Mart. (Fig. 31) e irregular com ligeira sinuosidade em *O. distichus* Mart. (Fig. 32).

A margem em secção transversal mostra-se quadrangular em *O. bacaba* Mart. (Fig. 33); retangular em *O. distichus* Mart. (Fig. 34) e deltóide em *O. minor* Mart. (Fig. 35). Em *O. mapora* H. Karst., a margem não possui forma geométrica definida, sendo convexa na face adaxial e retilínea nas faces abaxial e lateral (Fig. 36).

Características anatômicas da nervura central e margem foliar representam um carácter útil à identificação e separação de *taxa* pertencentes ao mesmo gênero consoante demonstrado por outros autores (Tomlinson 1960; Glassman 1972; D'Arcy & Keating 1979; Sajo *et al.* 1995; Bieras & Sajo 2004; Scatena *et al.* 2004) ratificando a relevância destas estruturas ao diagnóstico e taxonomia das espécies de *Oenocarpus* Mart. analisadas.

Secções transversais do limbo das pinas revelaram que no limite do mesofilo com a nervura central, subjacentes à epiderme abaxial, ocorrem células

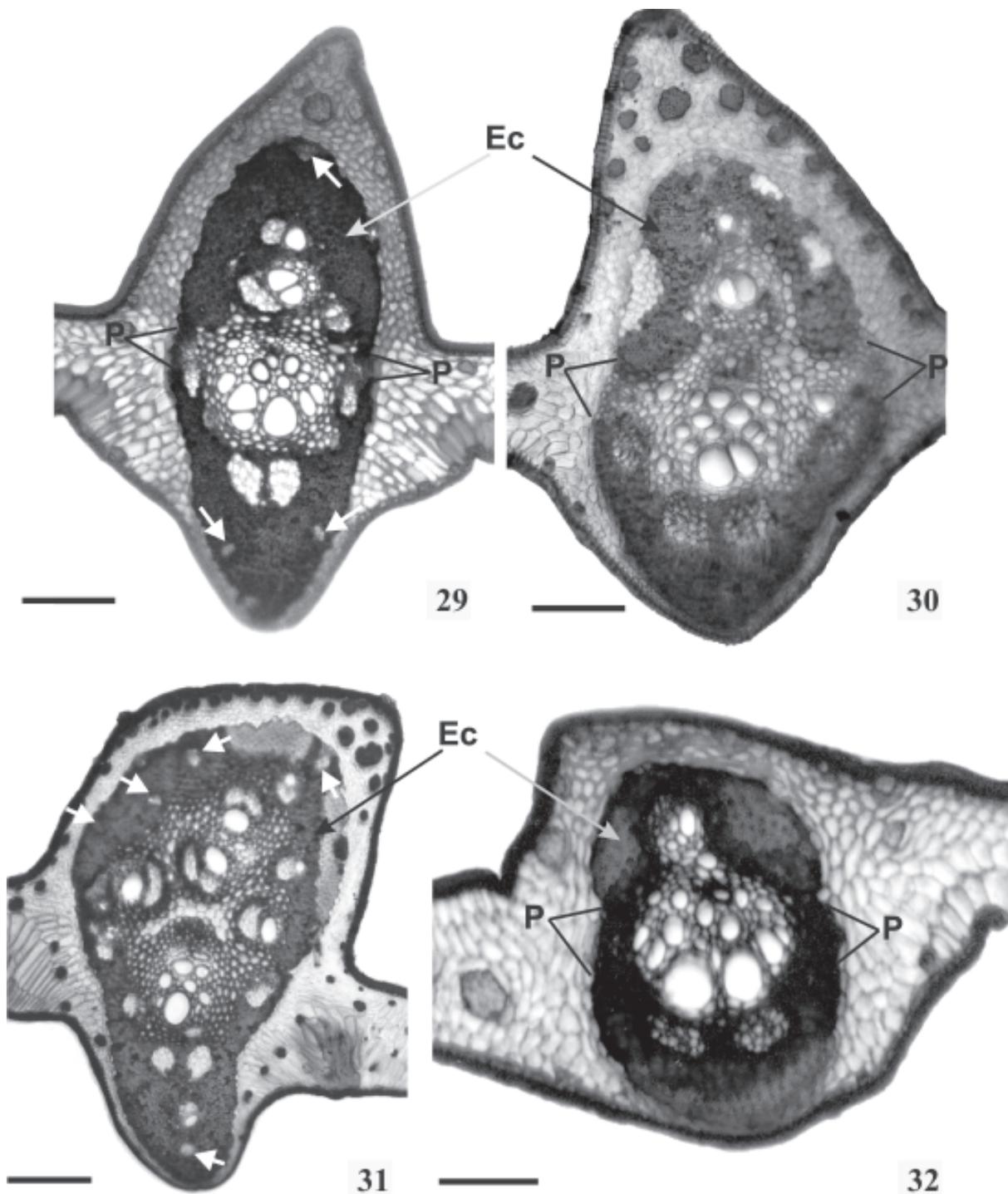


Figuras 22-28. Secções transversais das pinas de *Oenocarpus* Mart. 22. Mesofilo de *O. bacaba* Mart. mostrando braquiesclereídes e feixes vasculares terciários. 23. Mesofilo de *O. distichus* Mart. detalhando feixe vascular secundário tipo I. 24. Mesofilo de *O. mapora* H. Karst. detalhando feixe vascular secundário Tipo II. 25. Mesofilo de *O. minor* Mart. detalhando feixe vascular secundário Tipo III. 26. Mesofilo de *O. bacaba* Mart. detalhando feixe vascular secundário Tipo IV. 27-28: Mesofilo de *O. minor* Mart. 27. Estrutura secretora interna de mucilagem em secção transversal; 28: Estrutura secretora interna de mucilagem em secção longitudinal. As setas indicam stegmatas e as pontas de seta parênquima. Bainha parenquimática (Bp); Braquiesclereíde (Brq); Base do tricoma (Bt); Célula epitelial (Cept); Cutícula (Ct); Esclerênquima (Ec); Floema (Fl); Metaxilema (Mx), Mucilagem (Mc). Barras: 22 = 50  $\mu$ m; 23 = 100  $\mu$ m; 24-25 = 60  $\mu$ m; 26 = 100  $\mu$ m; 27 = 20  $\mu$ m; 28 = 100  $\mu$ m.

parenquimáticas em paliçada alongadas no eixo longitudinal, de paredes espessadas e em disposição oblíqua à diagonal, denominadas de tecido de expansão por Tomlinson (1990). Este tecido é pluriestratificado com três camadas celulares em *O. minor* Mart. e

uniestratificado nas três outras espécies (Fig. 37-38).

Tomlinson (1961) considera que o tecido de expansão está relacionado com mecanismos de flexibilidade das pinas, ou seja, com movimentos de dobramento e desdobramento que resultam de mudanças

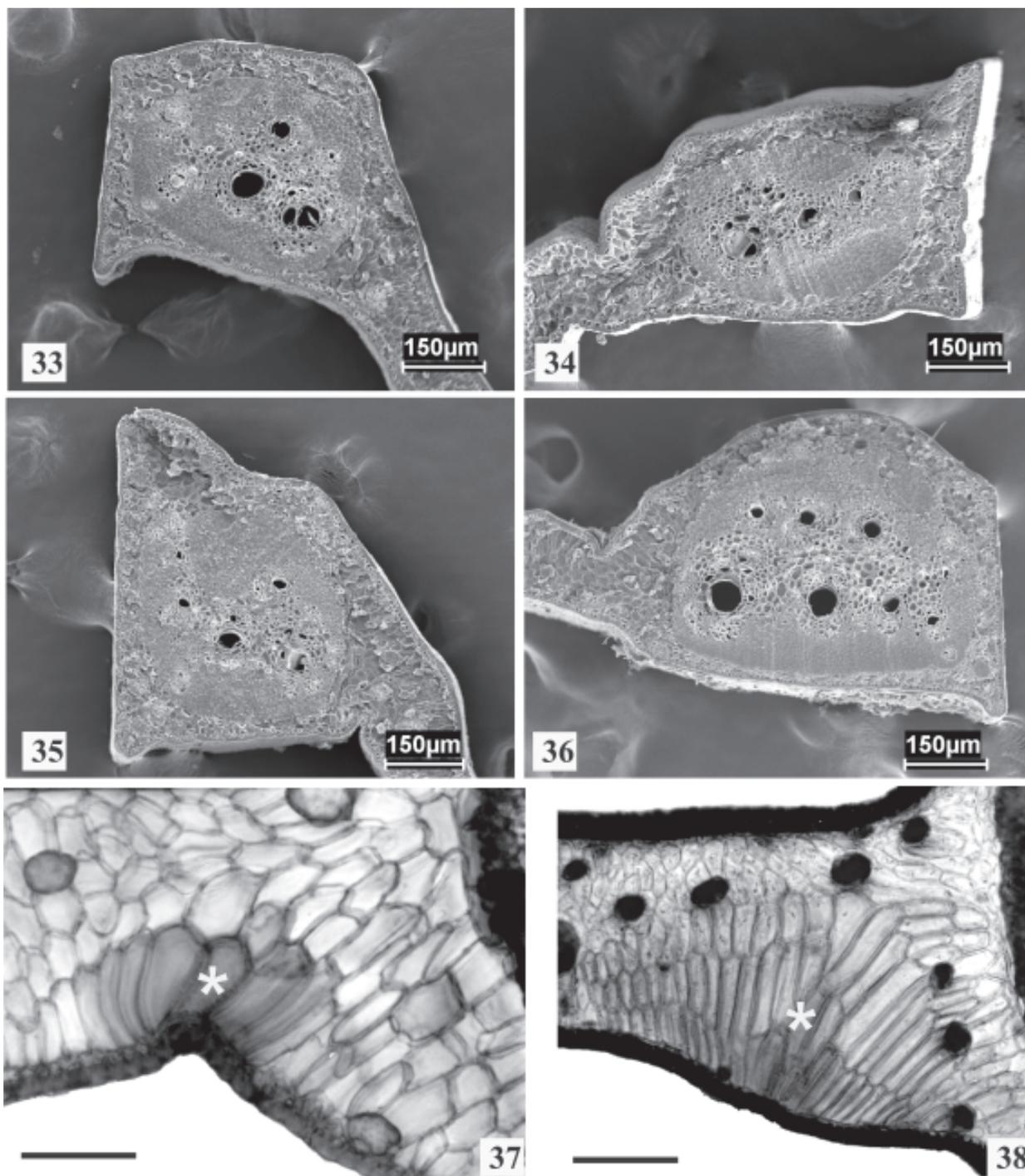


Figuras 29-32. Secções transversais da nervura central de *Oenocarpus* Mart. 29. *O. bacaba* Mart. 30. *O. mapora* H. Karst. 31. *O. minor* Mart. 32. *O. distichus* Mart. As setas indicam massas isoladas de tecido floemático. Esclerênquima (Ec); Parênquima (P). Barras: 29-31 = 140  $\mu$ m; 32 = 200  $\mu$ m.

na pressão de turgor das células, por isso denominados de hidronásticos ou higronásticos (Salisbury & Ross 1991).

Axis foliar – O parênquima em secção transversal consiste de células heterodimensionais (Fig. 39-49). Células

parenquimáticas esféricas ocorrem ao longo desta estrutura em todas as espécies, sendo as únicas observadas na ráquis de *O. bacaba* Mart. (Fig. 39) e bainha foliar de *O. minor* Mart. (Fig. 49). Nas regiões central e mediana, ocorrem também faixas de células



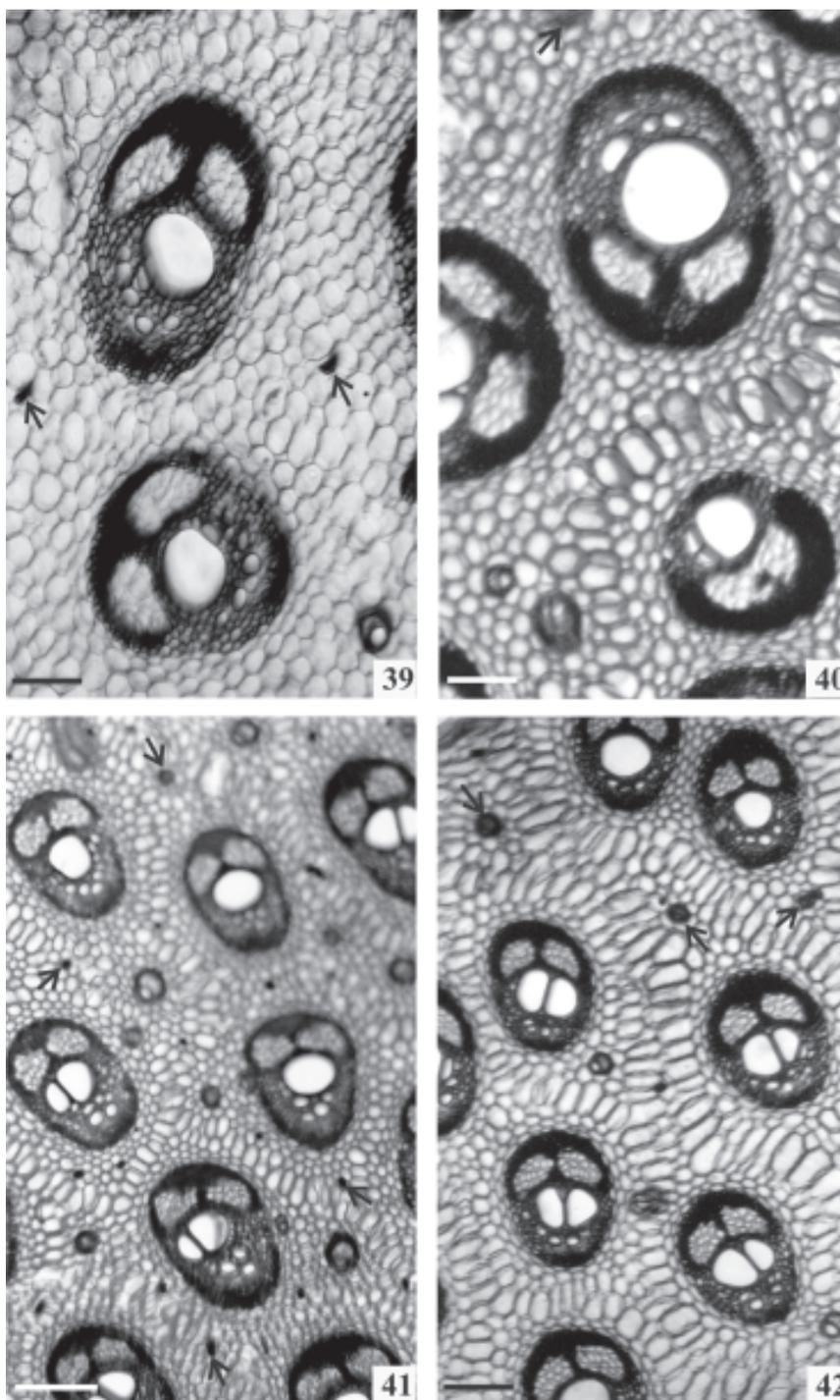
Figuras 33-38. Secções transversais das pinas de *Oenocarpus* Mart. 33-36. Eletromicrografias da margem. 33. *O. bacaba* Mart. 34. *O. distichus* Mart. 35. *O. minor* Mart. 36. *O. mapora* H. Karst. 37. *O. bacaba* Mart., detalhando tecido de expansão uniestratificado. 38. *O. minor* Mart., detalhando tecido de expansão pluriestratificado. Os asteriscos indicam o tecido de expansão. Barras: 37-38 = 100 µm.

parenquimáticas com forma e organização características para cada *taxa* estudado.

Ráquis – Apresenta faixas de células elípticas dispostas de maneira isolada em *O. distichus* Mart. (Fig. 40), contínua em *O. mapora* H. Karst. (Fig. 41) e contínua

confluente em *O. minor* Mart. (Fig. 42).

Pecíolo – A histologia parenquimática de *O. distichus* Mart., *O. minor* Mart. e *O. bacaba* Mart. (Fig. 43) assemelha-se ao da ráquis de *O. mapora* H. Karst. No pecíolo desta espécie, as faixas são contínuas e formadas



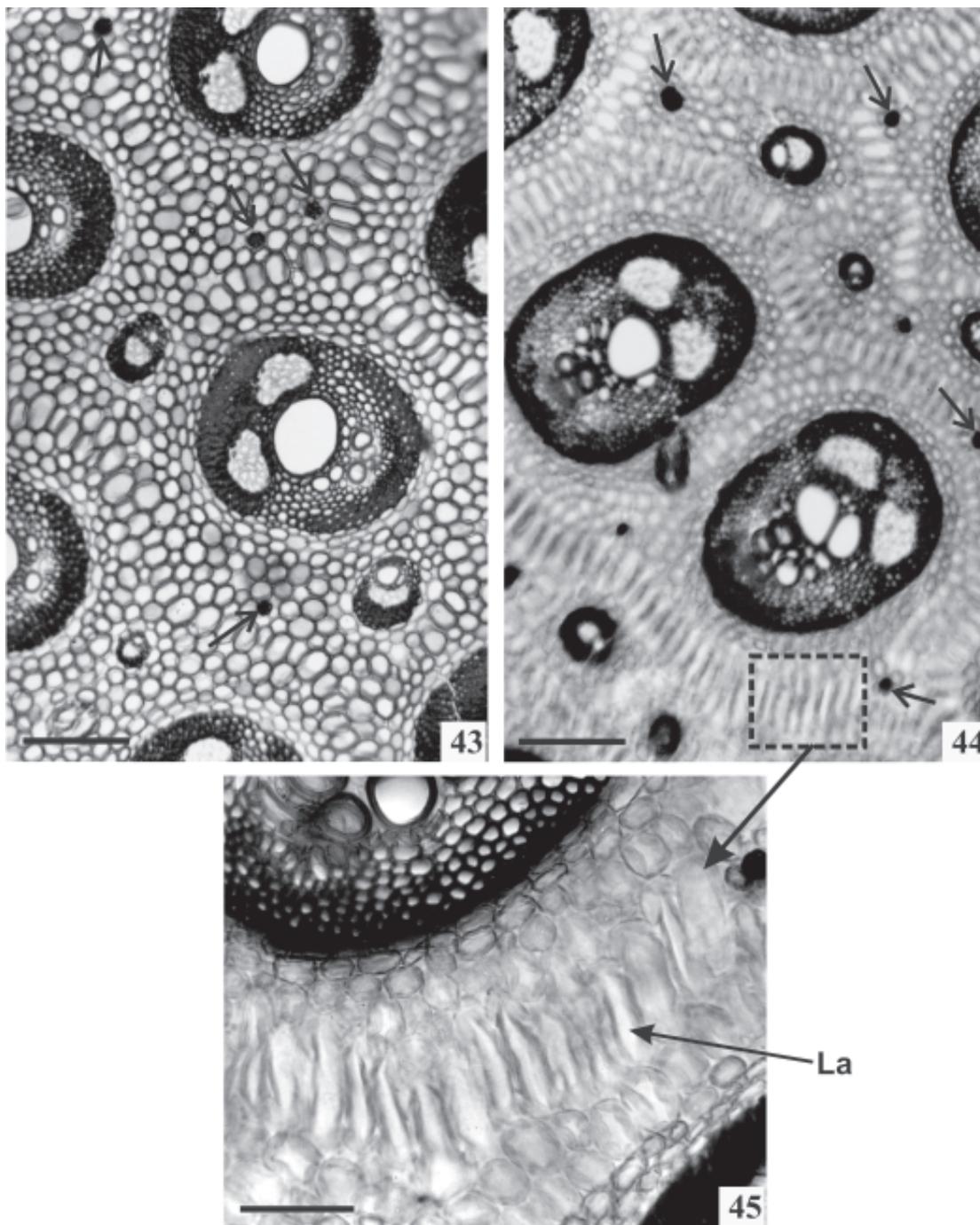
Figuras 39-42. Secções transversais da região central da ráquis de *Oenocarpus* Mart., evidenciando o tecido parenquimático. 39. *O. bacaba* Mart. 40. *O. distichus* Mart. 41. *O. mapora* H. Karst. 42. *O. minor* Mart. As setas indicam fibras isoladas e em feixes. Barras: 39-40 = 200  $\mu$ m; 41 = 350  $\mu$ m; 42 = 200  $\mu$ m.

por células colunares com paredes aparentemente sofrendo processo esquizógeno, levando a formação de lacunas aeríferas (Fig. 44-45).

Bainha foliar – Possui faixas de células retangulares justapostas em *O. bacaba* Mart. (Fig. 46); fusiformes em *O. distichus* Mart. (Fig. 47); elipsóides e retangulares em *O. mapora* H. Karst. (Fig. 48). As faixas celulares

dispõem-se de maneira longitudinal, contínua e isolada respectivamente. Em *O. mapora* H. Karst., as paredes das células elipsóides e retangulares assemelham-se as das colunares do pecíolo, mas, não ocorre formação de lacunas aeríferas e sim uma tendência em formá-las.

Estudos sobre o axix foliar de Arecaceae têm se limitado às funções mecânica e hidráulica (Tomlinson

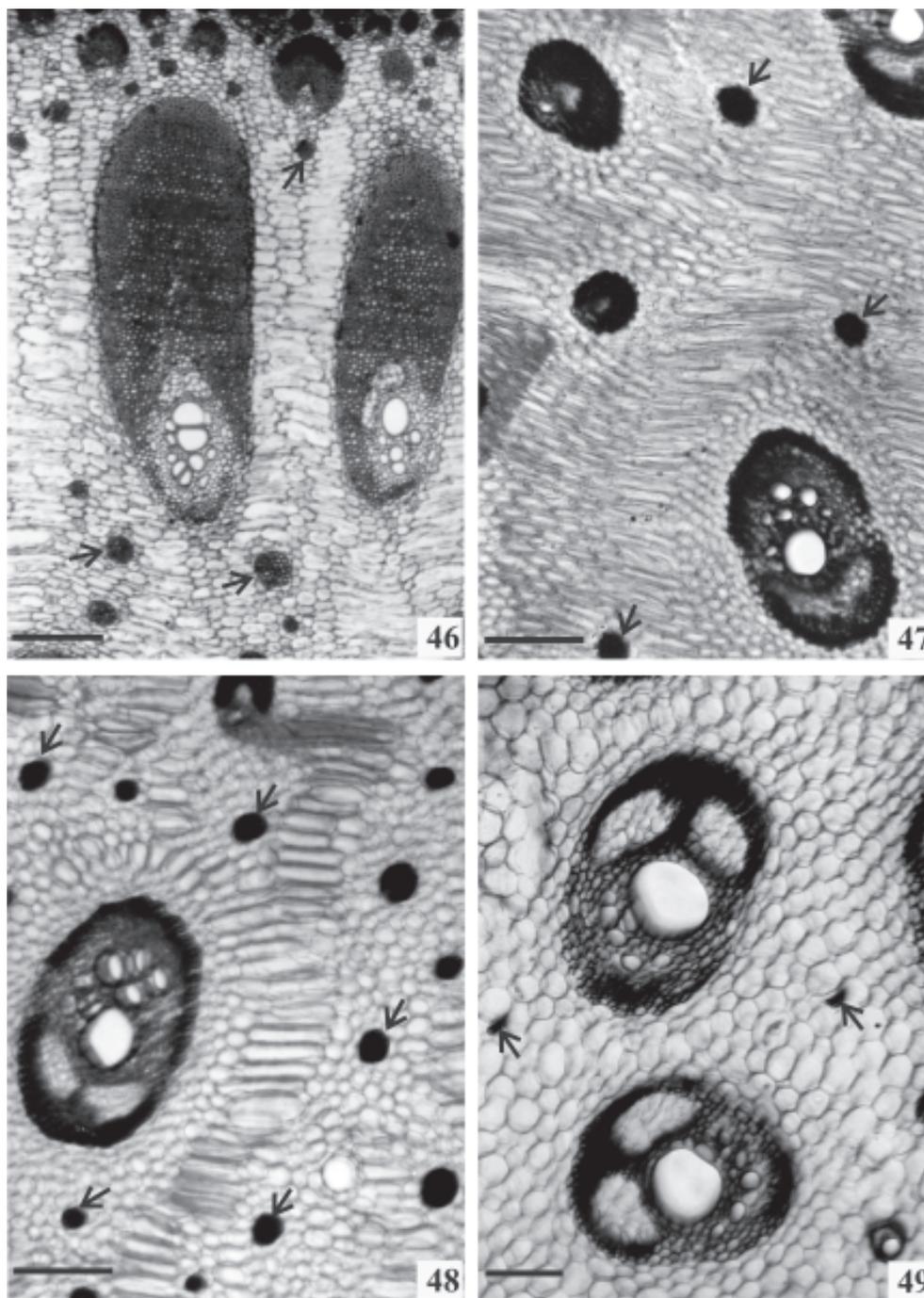


Figuras 43-45. Seções transversais da região central do pecíolo de *Oenocarpus* Mart., evidenciando o tecido parenquimático. 43. *O. bacaba* Mart. 44-45. *O. mapora* H. Karst. 45. Detalhe de 44 mostrando células de aspecto colunar e lacunas aeríferas. As setas indicam feixes de fibra. Lacuna aerifera (La). Barras: 43-44 = 220  $\mu$ m; 45 = 140  $\mu$ m.

1964; Dassanayake & Sivakadachchan 1972; Pyykkö 1985). Quando se referem à disposição dos tecidos para fins evolutivos (Cheadle 1942; 1944) ou sistemáticos (Parthasarathy 1968; Klotz 1978) focam apenas xilema e floema. Entretanto, a forma e organização das células parenquimáticas revelam-se úteis na separação de espécies (Weiner & Liese 1993) como verificado nos

*taxa de Oenocarpus Mart. estudados.*

Feixes vasculares colaterais, fibras isoladas e em feixes ocorrem dispersos no parênquima do axis foliar das espécies. Na bainha foliar, os feixes fibrosos estão envoltos por bainha contínua de stegmatas com corpos silicosos esféricos (Fig. 50). Estes idioblastos silicosos dispõem-se em fileiras longitudinais, adjacentes e



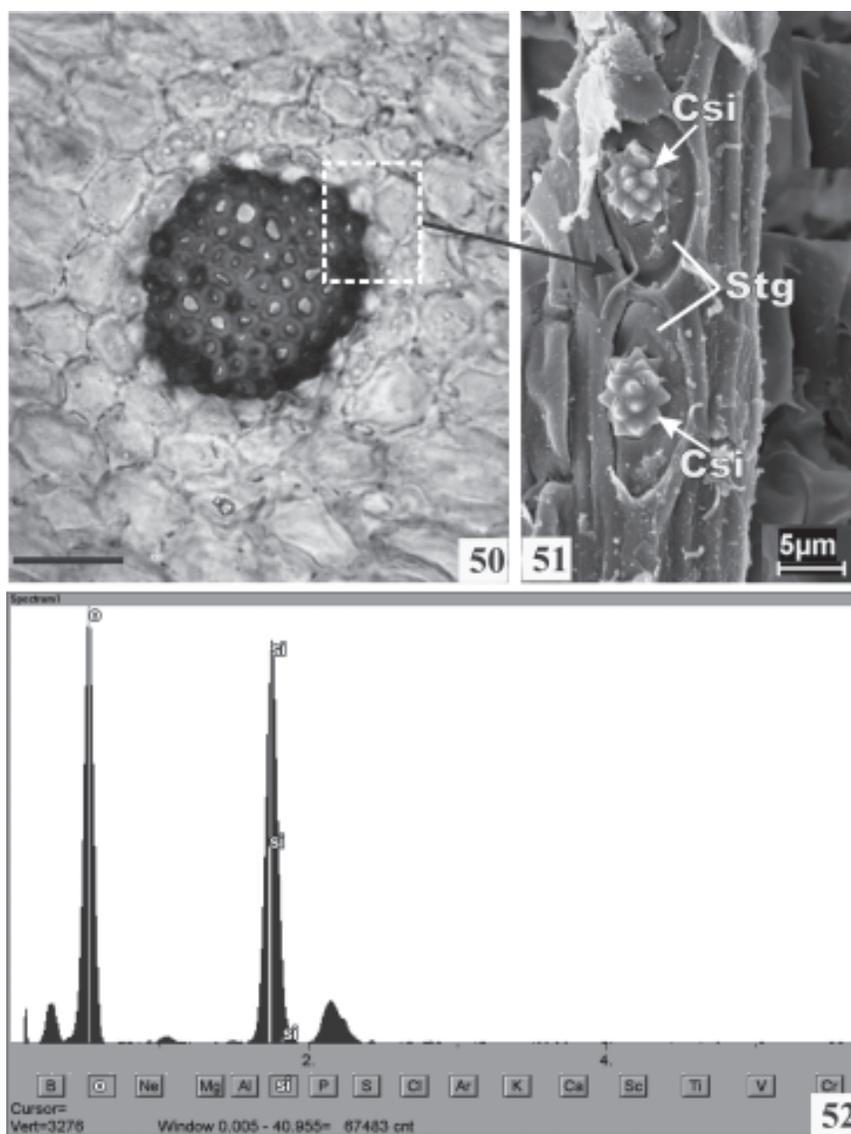
Figuras 46-49. Seções transversais da região central da bainha foliar de *Oenocarpus Mart.*, evidenciando o tecido parenquimático. 46. *O. bacaba Mart.* 47. *O. distichus Mart.* 48. *O. mapora H. Karst.* 49. *O. minor Mart.* As setas indicam fibras isoladas e em feixes envoltos por bainha de stegmatas. Barras: 46 = 700  $\mu\text{m}$ ; 47-48 = 220  $\mu\text{m}$ ; 49 = 200  $\mu\text{m}$ .

paralelas aos feixes de fibras, possuem paredes espessadas, forma discóide e uma cavidade ou depressão central na qual se situa o corpo de sílica, de aspecto esférico-globoso e superfície espiculada semelhante a drusas (Fig. 51), apresentando elevada concentração de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) detectada pela análise em EDS (Fig. 52).

Para as folhas das espécies de *Oenocarpus* Mart. aqui estudadas, pode-se dizer que alguns caracteres são comuns, enquanto outros ocorrem apenas em determinados *taxa*. Os caracteres comuns incluem pinas anfiestomáticas com cera epicuticular, cutícula lisa, estômatos tetracíticos e tricomas tectores; mesofilo dorsiventral com braquiesclereídes em grupos, estruturas

secretoras de mucilagem e com feixe vascular colateral do tipo III. Entre os de ocorrência restrita cita-se: estômatos ciclocíticos; características da nervura central como a forma, padrão de distribuição do esclerênquima e presença ou ausência de massas isoladas de tecido floemático; forma da margem; estratificação do tecido de expansão; forma e organização do parênquima nas regiões central e mediana do axis foliar e especificidade de alguns tipos de feixe vasculares do mesofilo.

A ocorrência ou não dos diferentes caracteres observados permitiu elaborar a seguinte chave de identificação anatômica para as espécies amazônicas de *Oenocarpus* Mart., demonstrando que há entre estas diferenças estruturais significativas a nível qualitativo.



Figuras 50-51. Seções transversais da bainha foliar de *Oenocarpus distichus* Mart. 50. Feixe fibroso envolto por bainha contínua de stegmatas. 51. Eletromicrografia detalhando uma região de 50. 52. Espectro da análise em EDS realizada nos corpos silicosos de 51. Corpo silicoso (Csi); Stegmatas (Stg). Barra: 50 = 100 µm.

Chave de identificação anatômica para as espécies estudadas de *Oenocarpus* Mart.

1. Nervura central apresentando tecido esclerenquimático contínuo, tecido de expansão pluriestratificado, margem de forma deltóide, ráquis constituída por células parenquimáticas de aspecto elíptico dispostas em faixas contínuas confluentes ..... *O. minor*
1. Nervura central apresentando tecido esclerenquimático descontínuo, tecido de expansão uniestratificado, margem de outras formas, ráquis constituída por células parenquimáticas de outros aspecto e organização
  2. Epiderme apresentando apenas estômatos tetracíticos, margem de forma geométrica definida, pecíolo constituído por células parenquimáticas de aspecto elíptico
  3. Feixe vascular colateral do mesofilo tipo IV, nervura central de forma elíptica e com massas isoladas de tecido floemático, margem de forma quadrangular, bainha foliar constituída por células parenquimáticas de aspecto retangular dispostas em faixas longitudinais ..... *O. bacaba*
  3. Feixe vascular colateral do mesofilo tipo I, nervura central de forma irregular e sem massas isoladas de tecido floemático, margem de forma retangular, bainha foliar constituída por células parenquimáticas de aspecto fusiforme dispostas em faixas contínuas ..... *O. distichus*
  2. Epiderme apresentando estômatos tetracíticos e ciclocíticos, margem de forma geométrica indefinida, pecíolo constituído por células parenquimáticas de aspecto colunar ..... *O. mapora*

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de Mestrado; à Dra. Raimunda Conceição de Vilhena Potiguara, pela orientação e ensinamentos sobre as palmeiras; ao ilustrador científico Carlos Alvarez, pelos desenhos em planta baixa.

## Referências bibliográficas

- Balick, M. 1984. Ethnobotany of palms in the neotropics. **Advances in Economic Botany 1**: 9-23.
- Balick, M. 1986. Systematics and economic botany of the *Oenocarpus-Jessenia* (Palmae) complex. **Advances in Economic Botany 3**: 1-140.
- Bieras, A.C. & Sajo, M.G. 2004. Anatomia foliar de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) do cerrado do estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica 18**: 601-612.
- Carlquist, S. 1982. The use of ethylenediamine in softening hard plant structures for paraffin sectioning. **Stain technology 57**: 311-317.
- Carr, S.G. & Carr, D.J. 1979. An unusual feature of stomatal microanatomy in certain taxonomically related *Eucalyptus* spp. **Annals of Botany 44**: 239-243.
- Cheadle, V.I. 1942. The occurrence and types of vessels in the various organs of the plant in the Monocotyledoneae. **American Journal of Botany 29**: 441-450.
- Cheadle, V.I. 1944. Specialization of vessels within the xylem of each organ in the Monocotyledoneae. **American Journal of Botany 31**: 81-92.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of the classification of flowering plants**. New York, Columbia University Press.
- Cutler, D.F. 1978. **Applied plant anatomy**. London, Longman.
- D'Arcy, W.G. & Keating, R.C. 1979. Anatomical support for the taxonomy of *Calophyllum* L. (Clusiaceae) in Panama. **Annals of Missouri Botanical Garden 66**: 557-571.
- Dahlgren, R.M.T. & Clifford, H.T. 1982. **The monocotyledons: a comparative study**. London, Academic Press.
- Dassanayake, M.D. & Sivakadachchan, B. 1972. The vascular skeleton of the leaf base of *Caryota urens*. **Phytomorphology 22**: 296-304.
- Dransfield, J. & Uhl, N.W. 1986. An outline of the classification of palms. **Principes 30**: 3-11.
- Esau, K. 1974. **Anatomia de plantas com sementes**. São Paulo, Edgard Blücher.
- Fahn, A. 1990. **Plant anatomy**. 4<sup>th</sup> ed. New York, Pergamon Press.
- Foster, A.S. 1946. Comparative morphology of the foliar sclereids in the genus *Mouriria* Aubl. **Journal of the Arnold Arboretum 27**: 253-271.
- Glassman, S.F. 1972. Systematic studies in the leaf anatomy of palm genus *Syagrus*. **American Journal of Botany 59**: 775-788.
- Henderson, A.; Galeano, G. & Bernal, R. 1995. **Field guide to the Palms of the Americas**. New Jersey, Princeton University Press.
- Jardim, M.A.G. & Cunha, A.C.C. 1998. Usos de palmeiras em uma comunidade ribeirinha do estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série botânica 14**: 69-67.
- Jardim, M.A.G. & Stewart, P.J. 1994. Aspectos etnobotânicos e ecológicos de palmeiras no município de Novo Airão, Estado do Amazonas, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série botânica 10**: 69-76.
- Jensen, W.A. 1962. **Botanical histochemistry: principles and practice**. San Francisco, W.H. Freeman.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York, MacGraw-Hill Book Co.
- Kahn, F. 1988. Species richness and density of palms in terra firme forest of Amazonia. **Biotropica 20**: 266-269.
- Kahn, F. & De Granville, J.J. 1992. Palms in forest ecosystems of Amazonia. **Ecological Studies 95**. Berlin, Springer-Verlag.
- Klotz, L.H. 1978. The number of wide vessels in petiolar vascular bundles of palms: an anatomical feature of systematic significance. **Principes 22**: 64-69.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro, EDUR.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L. 1979. **Anatomy of the dicotyledons**. 2<sup>nd</sup> ed. v. 1. Oxford, Clarendon Press.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L. 1983. **Anatomy of the dicotyledons - Wood structure and conclusion of the general introduction**. 2<sup>nd</sup> ed. v. 2. Oxford, Clarendon Press.
- Miranda, I.P. Avaliação do potencial do uso de algumas palmeiras da Amazônia. Pp. 248. In: **Desafios da botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal**. 2003. Belém, MPEG; UFRA; EMBRAPA, Brasil/Museu Paraense Emílio Goeldi.

- Moller, J.D. & Rasmussen, F.L.S. 1984. Stegmata in Orchidales: character state distribution and polarity. **Botanical Journal the Linnean Society** **89**: 53-76.
- Parthasarathy, M.V. 1968. Observation on metaphloem in vegetative parts of palms. **American Journal of Botany** **55**: 1140-1168.
- Pyykkö, M. 1985. Anatomy of the stem and petiole of *Raphia hookeri* (Palmae). **Annales Botanici Fennici** **22**: 129-138.
- Ramassamy, V. & Kannabiran, B. 1996. Studies on the epidermal and stomatal morphology in transection in some members of Myrtales. **Phytomorphology** **46**: 89-97.
- Rao, T.A. & Dakshni, K.M.M. 1963. Systematics of *Memecylon* – A preliminary survey based on the sclereids morphology. **Indian Academy Science** **30**: 28-35.
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2001. **Biologia vegetal**. 6ª ed. Guanabara, Koogan S.A.P.
- Rocha, A.E.S. & Silva, M.F.F. 2005. Aspectos fitossociológicos, florísticos e etnobotânicos das palmeiras (Arecaceae) de floresta secundária no município de Bragança, PA, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**: 657-667.
- Sajo, M.G.; Wanderley, M.G.L. & De Carvalho, L.M. 1995. Caracterização anatômica foliar para 14 espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae) Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **9**: 101-114.
- Salatino, A. & Silva, J.B. 1975. Anatomia e óleos essenciais das folhas de *Piper regnellii* (Miq.) C.D.C var. *regnellii*. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **3**: 95-106.
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W. 1991. **Plant physiology**. 4<sup>th</sup> ed. Belmont, Wadsworth.
- Scatena, V.L.; Vich, D.V. & Parra, L.R. 2004. Anatomia de escapos, folhas e brácteas de *Syngonanthus* sect. *Eulepis* (Bong. ex Koern.) Ruhland (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica** **18**: 825-837.
- Solereider, H. 1908. **Systematic anatomy of the dicotyledons**. v.2. Oxford, Clarendon Press.
- Souza, V.C. & Lorenzi, H. 2005. **Botânica Sistemática**. São Paulo, Instituto Plantarum.
- Tomlinson, P.B. 1960. **Anatomy of the monocotyledons-I. Gramineae**. New York, Oxford University Press.
- Tomlinson, P.B. 1961. **Anatomy of the monocotyledons-II. Palmae**. New York, Oxford University Press.
- Tomlinson, P.B. 1964. The vascular skeleton of coconut leaf base. **Phytomorphology** **14**: 218-230.
- Tomlinson, P.B. 1969. **Anatomy of the monocotyledons-III. Commelinales-Zingiberales**. New York, Oxford University Press.
- Tomlinson, P.B. 1990. **The structural biology of palms**. New York, Oxford University Press.
- Uhl, N.W. & Dransfield, J. 1987. **Genera Palmarum: a classification of palms based on the work of Harold E. Moore Jr.** Kansas, Allen Press.
- Weiner, G. & Liese, W. 1993. Generic identification key to rattan palms based on stem anatomy characters. **IAWA Journal** **14**: 55-61.