

Morfoanatomia e histoquímica de *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae)¹

Ezilda Jacomassi^{2,5}, Ismar Sebastião Moscheta³ e Sílvia Rodrigues Machado⁴

Recebido em 26/06/2006. Aceito em 27/11/2006

RESUMO – (Morfoanatomia e histoquímica de *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae)). *Brosimum gaudichaudii*, conhecida como mamacadela, é espécie comum nos cerrados, com grande valor na medicina popular e na indústria de medicamentos. A casca da raiz e do caule é empregada no tratamento do vitiligo, sendo o bergapteno e psoraleno, duas furanocumarinas, responsáveis pela ação farmacológica. Neste trabalho são apresentadas a caracterização morfoanatômica e a histoquímica de órgãos vegetativos de *B. gaudichaudii*, com informações sobre o embrião e o desenvolvimento pós-seminal. Amostras foram processadas segundo técnicas usuais em anatomia e ultra-estrutura vegetal. O embrião é do tipo total e invaginado, a plântula cripto-hipogéia e o sistema radicular do tirodendro é composto por raiz primária pouco desenvolvida em relação às raízes laterais. Plantas adultas apresentam raízes gemíferas longas, plagiotrópicas originando ramos caulinares aéreos; tais raízes possuem periderme com súber desenvolvido e floema secundário abundante em relação ao xilema, sendo facilmente destacados quando manipulados. O caule jovem e a folha apresentam epiderme unisseriada, grande densidade de tricomas tectores unicelulares e tricomas glandulares. Laticíferos não-articulados ramificados ocorrem em todos os órgãos, podendo invadir os elementos de vaso. Idioblastos fenólicos ocorrem em abundância em todos tecidos e órgãos analisados. O valor das características anatômicas observadas no controle de qualidade da droga é discutido.

Palavras-chave: *Brosimum gaudichaudii*, idioblastos fenólicos, laticíferos, mamacadela, raízes gemíferas

ABSTRACT – (Morphoanatomy and histochemistry of the *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae)). *Brosimum gaudichaudii* known as “mamacadela” is a common cerrado species with a great importance on medicine folk and in the pharmaceutical industry. The bark of the root and stem is used on the treatment of “vitiligo” being the bergapten and psoralen two furcoumarins responsible for pharmacological activity. This work presents the morphoanatomical and histochemical characterization of the vegetative organs of *B. gaudichaudii*, with information about its embryo and post-seminal development. Samples were processed by usual techniques of plant anatomy and ultra-structure. The embryo is of the total type and invaginate, the seedling is crypto-hypogean and the tirodentroot’s radicular system is composed by primary root that is not always well developed when compared to other roots that probably are derived of the hypocotyl which have greater size. The adult plants present long shoot bud-forming roots and plagiotropics originating with air branch. These roots present a periderm with developed phellem and secondary phloem more developed than xylem, being both easily eminent when manipulated. The stem and the leaf show uniseriate epidermis with a high density of unicellular non-glandular trichomes and glandular trichomes. The laticiferous are branched and non-articulate, occurring at all organs mostly frequently inside of the vessel elements. Phenolic-idioblasts occur abundantly at all organs.

Key words: *Brosimum gaudichaudii*, phenolic-idioblasts, laticifers, mamacadela, root

Introdução

A família Moraceae inclui aproximadamente 50 gêneros e 1.500 espécies, predominantemente tropicais e subtropicais, estando representada, no Brasil, por 27 gêneros com cerca de 250 espécies incluindo árvores, arbustos, ervas ou lianas, geralmente latescentes

(Souza & Lorenzi 2005). Muitas espécies de Moraceae são comercialmente exploradas pela indústria de madeira, papel, borracha e na produção indireta da seda (Metcalf & Chalk 1950; Détiene & Jacquet 1983; Maniere & Chimelo 1989; Fedalto *et al.* 1989; Coradin *et al.* 1991). Além disso, algumas espécies são de grande importância na produção de moléculas

¹ Parte da Tese de Doutorado da primeira Autora, Universidade Estadual Paulista – Campus de Botucatu

² Universidade Paranaense, Rua Paraiba 5499, zona 2, 87501-390 Umuarama, PR, Brasil

³ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, Av Colombo 5790, 87020-900 maringa, PR, Brasil

⁴ Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista, "Júlio de Mesquita Filho", Av. 24-A 1515. 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil

⁵ Autor para correspondência: ezilda@unipar.br

biologicamente ativas (Pozetti 1969; Elisabetsky & Castilhos 1990; Vilegas *et al.* 1993; Shirota *et al.* 1997; Torres *et al.* 1997; Alcântara *et al.* 2000; Takashima & Ohsaki 2001; Takashima *et al.* 2002).

Entre os gêneros nativos da família Moraceae, destaca-se *Brosimum* Sw. com representantes nos cerrados (Souza & Lorenzi 2005), onde *Brosimum gaudichaudii* Trécul tem sido considerada uma espécie relevante para estudos multidisciplinares, principalmente por suas propriedades medicinais (Vieira & Silva 2002). Popularmente conhecida como mamacadela, mamica-de-cadela, mamica-de-porco, mamica-de-cachorra, entre outros (Lorenzi & Matos 2002) *B. gaudichaudii* possui porte arbustivo, podendo tornar-se uma arvoreta de até 4 m de altura, com ampla distribuição no país, encontrando-se nos estados do Amazonas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, São Paulo, Tocantins e Distrito Federal. Distribui-se no cerrado típico, cerradão e mata mesofítica (Almeida *et al.* 1998).

As plantas de *B. gaudichaudii* caracterizam-se pela produção abundante de látex, sendo suas raízes, casca do caule e folhas amplamente empregadas na medicina popular em várias regiões do país (Lorenzi & Matos 2002). O extrato desses órgãos é empregado topicamente contra o vitiligo e outras manchas na pele (Azambuja 1981; Rodrigues & Carvalho 2001). Estudos fitoquímicos demonstraram que as substâncias responsáveis pela ação contra o vitiligo são duas furanocumarinas: o psoraleno e o bergapteno (Pozetti 1969; McKeon 1981). Estes compostos furocumarinos podem ser obtidos por síntese química; no entanto, trata-se de um processo oneroso, podendo ser facilmente extraídos de plantas de *B. gaudichaudii* (Neves *et al.* 2002).

Apesar de *B. gaudichaudii* tratar-se de uma espécie comum nos cerrados brasileiros, com grande valor na medicina tradicional e na indústria de medicamentos, o único trabalho com enfoque estrutural encontrado em literatura foi o de Fidelis *et al.* (2000) que descreveram, de um modo geral, a anatomia de órgãos vegetativos desta espécie *in vivo* e *in vitro*. Sabe-se que estudos estruturais detalhados são necessários para subsidiar o controle de qualidade da matéria prima empregada em escala industrial, contribuindo desta forma para a conservação e exploração racional desta espécie. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi caracterizar a morfologia, a anatomia e a histoquímica, especialmente dos órgãos vegetativos de plantas de *B. gaudichaudii*, com

informações sobre a germinação e o desenvolvimento pós-seminal.

Material e métodos

Local de estudo – As amostras foram obtidas de 15 exemplares de *B. gaudichaudii* Trécul ocorrentes na Estação Ecológica do Cerrado, localizada no município de Campo Mourão (24°18'S, 23°55'24"N, 630 m), região noroeste do estado do Paraná. Ramos férteis foram herborizados e depositados no Herbário “Irina Delanova Gemtchujnicov” sob o número 24171, do Departamento de Botânica, UNESP, Campus de Botucatu (BOTU). O clima de Campo Mourão, segundo classificação de Köppen é do tipo Cfa - clima subtropical úmido, com média térmica no mês mais quente superior a 22 °C e no mês mais frio, inferior a 18 °C. A precipitação média, por ano, encontra-se entre 1.200 e 1.600 mm, com tendência de concentração das chuvas no verão (Maack 1981; IAPAR 1994).

Coleta das sementes, germinação e obtenção de plântulas e tirodendros – Imediatamente após a colheita de 15 frutos, 10 sementes foram desinfetadas em hipoclorito de sódio a 20% e colocadas para germinar em placa de Petri com algodão umedecido em água destilada. As placas de Petri permaneceram no interior do laboratório, em ambiente limpo, arejado, com luz indireta mantendo sempre o algodão umedecido. Após 19 dias, foram transplantadas para vasos plásticos com terra preparada com húmos de minhoca, sendo mantidas no mesmo ambiente, entretanto com maior luminosidade indireta. Após nove semanas de cultivo, a raiz primária do tirodendro foi amostrada em três regiões: proximal, mediana e distal (Fig. 1).

Amostragem – A coleta das raízes adventícias e gemíferas foi realizada em exemplares com altura variando de 0,20 a 5 m, sendo feitas escavações à cerca de 10 a 30 cm de profundidade ao redor de cada planta, procurando evitar danos que comprometessem o seu desenvolvimento. Neste processo, apenas cinco exemplares foram integralmente retirados para estudos mais detalhados. Amostras do caule jovem foram coletadas na região distal (1° e 2° entrenós) de ramos com todas as folhas ainda em desenvolvimento. Amostras do caule adulto foram retiradas de ramos com as folhas completamente expandidas, entre o 3° e o 6° entrenós. A casca do caule foi coletada em diferentes estágios de desenvolvimento: caule com 7 cm, 14 cm e 32 cm de diâmetro. Para tanto, foram amostrados três exemplares em cada um dos estágios.

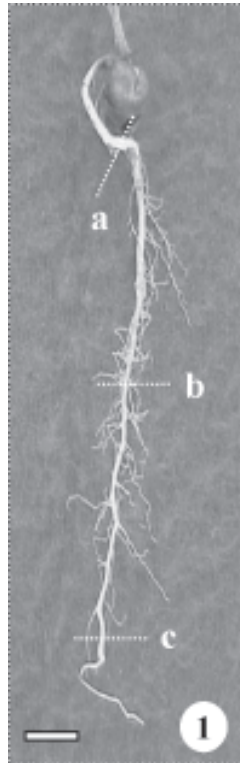


Figura 1. Raiz primária do tirodendro de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. a. Região proximal. b. Região mediana. c. Região distal. Barra = 1 cm.

As folhas completamente expandidas, expostas ao sol, foram coletadas dos respectivos nós do caule adulto, sendo retiradas amostras do pecíolo nas regiões proximal, mediana e distal, e do terço mediano do limbo, incluindo nervura principal, área internervural e bordo. Para a diafanização, foram coletadas cinco folhas inteiras. Para a mensuração, foram coletadas 10 folhas, de forma aleatória, de cinco indivíduos totalizando 50 folhas.

Estudo morfoanatômico – Foram feitas observações sobre as modificações morfológicas durante o desenvolvimento das plântulas, até 46 dias a partir da germinação. Os aspectos mais relevantes foram documentados por meio de fotografias com câmera digital. Neste trabalho adotou-se a terminologia plântula considerando a fase que abrange o vegetal desde a germinação consumada da semente até a formação da primeira folha, ou seja, o eofilo ou protofilo; e tirodendro, após esta fase até o momento em que aparecem os primeiros metafílos (Souza 2003).

Para o estudo anatômico, as amostras foram imersas em FAA 50 durante 48 horas e, posteriormente, transferidas para o etanol 70% (Johansen 1940). Parte

do material foi seccionado à mão livre, com auxílio de lâminas de barbear e também com micrótomo rotatório. As amostras seccionadas à mão livre foram clarificadas em hipoclorito de sódio 20%, posteriormente lavadas em água destilada, coradas com safranina e azul de astra (Gerlach 1969) e montadas em lâmina com gelatina glicerizada. Para a confecção de lâminas permanentes, as amostras fixadas foram desidratadas em série etílica e incluídas em resina hidróxi-etilmetacrilato (Gerrits 1991). As secções, com 7 μ m de espessura, obtidas em micrótomo rotatório foram coradas com Azul de Toluidina 0,05% em tampão fosfato pH 4,3 (O'Brien *et al.* 1964) e montadas em Permout.

Para o estudo da arquitetura foliar utilizou-se a técnica de diafanização do limbo segundo Fuchs (1963), e o padrão geral de venação foi descrito de acordo com os critérios propostos por Hickey (1973).

As fotomicrografias foram obtidas por captura de imagem pelo programa Image Pro-Plus, versão 4.0. As escalas referentes às ilustrações foram obtidas através de lâmina micrométrica nas mesmas condições ópticas utilizadas para cada caso.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) – A caracterização morfológica das superfícies caulinares e foliares foi complementada com análise ao microscópio eletrônico de varredura segundo a técnica de Robards (1978). Para isso, as amostras foram fixadas em glutaraldeído 2,5% (tampão fosfato 0,1M pH 7,3 por 24 horas); pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1%, no mesmo tampão; desidratadas em série alcoólica; secadas em ponto crítico com CO₂ e metalizadas com camada de 10 nm de ouro. O material foi observado ao microscópio eletrônico de varredura SEM 515 da Philips, em 20 KV, e documentação com filme Technical Pan Asa 25.

Testes histoquímicos – Para os testes histoquímicos, cortes de material fresco foram tratados com: Sudan IV para detecção de lipídeos totais (Johansen 1940); solução aquosa de cloreto férrico a 10% para marcação de compostos fenólicos (Johansen 1940); solução aquosa de Vermelho de Rutênio a 0,02% para identificação de polissacarídeos diversos e pectinas (Jensen 1962); Solução de Lugol (iodo + iodeto de potássio) para amido e alcalóides (Johansen 1940); Solução de Azul Mercúrio de Bromofenol para proteínas (Mazia *et al.* 1953). Os controles para cada teste seguiram as indicações dos respectivos autores. Lâminas temporárias foram montadas em glicerina.

Resultados e discussão

Morfologia do embrião, plântula e tirodendro – O embrião apresenta dois cotilédones carnosos, curto-peciolados, curvos e assimétricos em relação à forma e tamanho (Fig. 2). A face abaxial dos dois cotilédones é convexa enquanto a face adaxial é plana-convexa em um e plana-côncava em outro (Fig. 3). É comum o desenvolvimento diferenciado entre os cotilédones onde um deles pode apresentar redução de até 1/3 do tamanho. Barroso *et al.* (1999) mencionaram a presença de cotilédones iguais ou desiguais para o gênero *Brosimum*. A reserva dos cotilédones de *B. gaudichaudii* é composta de amido, proteína e lipídio, igualmente encontrada por Balerone *et al.* (2002) nesta espécie. O eixo hipocótilo-radicular é curto e ligeiramente achatado, com plúmula pouco desenvolvida, sem diferenciação evidente dos primórdios foliares (Fig. 3). O embrião preenche todo o volume da semente, sendo classificado segundo Martin (1946), como total e invaginado.

A plântula de *B. gaudichaudii* é cripto-hipógea com cotilédones carnosos, hipocótilo curto e intumescido, com alongamento insuficiente para elevar a semente acima do solo (Fig. 4). A terminologia cripto-hipógea foi proposta inicialmente por Duke & Polhill (1981) para plântulas de leguminosas, no entanto, tem sido aplicada de forma generalizada. Ressel *et al.* (2004), trabalhando com espécies do cerrado, utilizaram o sistema de classificação proposto por Miquel (1987) que compreende cinco tipos morfofuncionais de plântulas segundo os critérios de exposição, posição e textura dos cotilédones, enquadrando *B. gaudichaudii* no tipo cripto-hipógeo-armazenador. No cerrado, este tipo de plântula perfaz 23% das espécies estudadas e, quando relacionado com as condições de luz do ambiente, dentre as espécies clímax de sombra, representa 52%. Lima (1989) sugeriu que os tipos morfofuncionais de plântulas estariam distribuídos em habitats específicos, como por exemplo, o tipo cripto-hipógea-armazenador que está relacionado aos ambientes com condições edáficas e/ou climáticas adversas como aquelas encontradas no cerrado.

Embora *B. gaudichaudii* apresente os cotilédones tipicamente com reservas citadas anteriormente, I. Fidelis, dados não publicados, considerou que as sementes desta espécie são recalcitrantes, devido à perda da viabilidade após a secagem.

Observa-se a presença de catafilos (Fig. 5) com filotaxia alterna helicoidal variando entre quatro a sete até o primeiro eofilo, também alterno. Os eofilos, tanto

da plântula como do tirodendro, são simples, sem estípulas, membranáceos, peciolados, elípticos, base obtusa, ápice agudo e margem serrada (Fig. 6, 7). Diferenciam-se dos metafilos que, além do maior tamanho, apresentam consistência coriácea, base assimétrica e margem lisa ou ligeiramente ondulada. Os eofilos são diferentes dos metafilos na maioria das espécies de dicotiledôneas conforme registrado por Vogel (1980) em seu extenso trabalho com plântula de espécies arbóreas tropicais onde aparece, com frequência, eofilos simples precedendo metafilos compostos, pinados ou bipinados.

O sistema radicular do tirodendro é composto por raiz primária e suas ramificações. A raiz primária nem sempre é bem desenvolvida quando então outras raízes, originadas provavelmente do hipocótilo, apresentam maior porte (Fig. 8, 9). Como o hipocótilo é curto e os estudos anatômicos foram realizados apenas em raízes primárias, não foi possível determinar a origem precisa destas outras raízes, se adventícias ou não. Moreira & Klink (2000) enfatizaram que espécies típicas do cerrado tendem a desenvolver sistemas radiculares mais profundos e/ou espessados, em busca de camadas mais úmidas do solo o que as capacita sobreviverem à seca sazonal, que é bem delimitada no cerrado, e às queimadas ocasionais, comuns a este ambiente.

Anatomia da raiz principal do tirodendro – A raiz principal, na região distal, apresenta estrutura tipicamente primária. A epiderme apresenta pêlos absorventes (Fig. 10) e o córtex é formado por aproximadamente 11 camadas de células parenquimáticas com diâmetros variados. Segundo Fidelis *et al.* (2000), tal região é composta por células heterodimensionais com pequenos espaços intercelulares. A endoderme apresenta apenas estrias de caspary. O periciclo, de natureza parenquimática, é formado por única camada. Na região mediana, observa-se o início do desenvolvimento de tecido vascular secundário com raios parenquimáticos expandidos e fibras gelatinosas dispersas pelo floema (Fig. 11). O xilema primário, nesta região (Fig. 12), bem como na distal, é triarco. No entanto, na região proximal, com tecido vascular secundário mais desenvolvido (Fig. 13), observa-se que o xilema primário é diarco (Fig. 14). Esta região proximal da raiz corresponde ao início da região de transição, uma vez que as células do metaxilema encontram-se ligeiramente afastadas, sendo o espaço preenchido por células parenquimáticas que constituirão a região medular do caule. Fidelis *et al.* (2000) descreveram

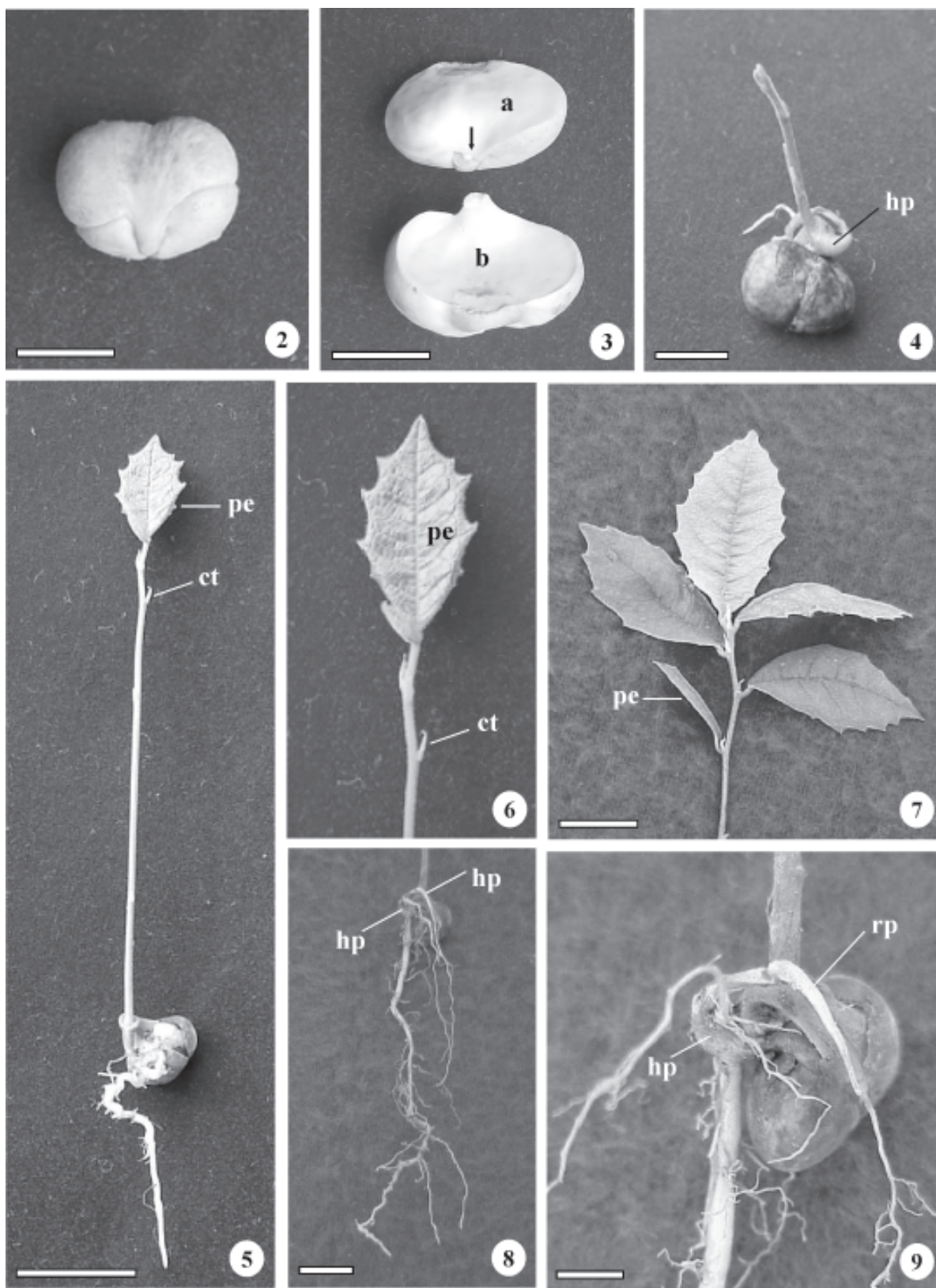


Figura 2-9. Embrião (2-3), plântula (4-6) e tirodendro (7-9) de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. 2. Embrião com cotilédones carnosos. 3. Cotilédones com face abaxial convexa, face adaxial plana-convexa (a), plana-côncava (b) e plúmula pouco desenvolvida (seta). 4. Hipocótilo curto e intumescido. 5. Plântula cripto-hipogea com catafilos. 6-7. Em destaque os eofilos elípticos, peciolados com margem serrada. 8-9. Sistema radicular. ct = catafilo; hp = hipocótilo; pe = primeiro eofilo; rp = raiz primária. Barras = 1 cm (2, 3, 4, 6, 8); 2 cm (5, 7); 0,5 cm (9).

para plantas de *B. gaudichaudii* a ocorrência de raiz tetraarca. Eames & MacDaniels (1947), Esau (1965) e Fahn (1990) relataram que, na maioria das espécies, o número de pólos xilemáticos pode variar entre plantas diferentes ou em raízes diferentes de uma mesma planta. Appezzato-da-Glória & Estelita (2000) descreveram que as raízes de *Mandevilla illustris* e *M. velutina* apresentam variação de triarco a hexarco.

Nas regiões mediana e proximal da raiz do tirodendro com nove semanas observa-se periderme com cinco camadas de células (Fig. 15). As raízes laterais são formadas nas regiões proximal (Fig. 16) e mediana, onde são mais freqüentes. Cristais de oxalato de cálcio prismáticos foram observados no tecido parenquimático somente nestas duas regiões (Fig. 17). Wu & Kuo-Huang (1997) relataram a ocorrência de cristais prismáticos nas folhas de várias espécies de moráceas, pertencentes a outros gêneros. Todos os órgãos do tirodendro, ao serem fragmentados, liberaram látex de coloração e consistência leitosa.

Anatomia de raízes adventícias da planta adulta – As raízes adventícias apresentam estruturas anatômicas semelhantes à raiz principal do tirodendro, isto é, àquelas com diâmetros equivalentes, em torno de 2 mm. No entanto, os elementos de vaso do xilema secundário das raízes adventícias apresentam diâmetros visivelmente bem maiores (Fig. 18), bem como a presença abundante de células parenquimáticas amilíferas e de laticíferos no floema secundário (Fig. 19). Nas raízes com diâmetro menor, em torno de 0,5mm, embora ocorram tecidos vasculares secundários, nota-se com maior facilidade o xilema primário diarco (Fig. 20 e 21). Fibras gelatinosas são abundantes no floema (Fig. 22). A periderme é composta por várias camadas de súber, além do felogênio e feloderme (Fig. 22 e 23). Os laticíferos estão localizados, no floema, paralelamente ao eixo maior com ramificações perpendiculares (Fig. 24). Solereder (1908) e Metcalfe & Chalk (1950) relataram a presença de laticíferos para a maioria dos gêneros de Moraceae, entre eles, *Brosimum* que se destaca por apresentar tais estruturas bem desenvolvidas nas folhas e caule jovem. Esau (1965) e Fahn (1990) descreveram a presença de laticíferos não-articulados, que podem ramificar-se ou não, para várias famílias, entre elas, Moraceae. Cronquist (1981) enfatizou os laticíferos presentes no tecido parenquimático do caule e folha com conteúdos extraordinariamente diversos em diferentes membros da família Moraceae. Veenendaal & Outer (1990) descreveram a ocorrência

de laticíferos não-articulados ramificados em todos os órgãos vegetativos de *Morus nigra*, discutindo que em Moraceae não há presença de laticíferos articulados. O látex também foi observado no interior dos elementos de vasos destas raízes (Fig. 20, 21), como descrito por Appezzato-da-Glória & Estelita (1997), para espécies de *Mandevilla* (Apocynaceae). Esses autores verificaram o crescimento de laticíferos para dentro dos elementos traqueais.

Morfologia e anatomia da raiz gemífera – Todos os indivíduos coletados no campo, independentemente do porte, apresentam raízes gemíferas de coloração marron-avermelhado com odor característico ao de *Ficus carica*, possibilitando um reconhecimento mais preciso da espécie. Estas raízes (Fig. 25-29) são longas, plagiotrópicas, interligando ramos aéreos, e situam-se aproximadamente entre 10 a 30 cm de profundidade. Raízes de pequeno diâmetro (Fig. 25), até 0,3 cm ou com diâmetro médio (Fig. 26, 27), cerca de 0,7 cm, já desenvolvem ramos caulinares aéreos. Raízes de maior diâmetro, com 1,7 cm ou maiores (Fig. 28, 29), constituem o principal ou único sistema radicular de manutenção e crescimento dos ramos caulinares. Este mecanismo de propagação parece estar associado à perpetuação de espécies formando populações clonais, conforme observado por Bosela & Ewers (1997), em árvores de *Sassafras albidum*. Hayashi *et al.* (2001) relataram a presença de brotos caulinares aéreos a partir de raízes longas, localizadas paralelamente à superfície do solo, para algumas espécies arbóreas de um remanescente florestal que sofreu vários incêndios. Embora os estudos de raízes gemíferas não sejam tão comuns, trabalhos de Rizzini & Heringer (1966), e Castellani & Stubblebine (1993) registraram sua ocorrência em ambientes de cerrado e floresta tropical. De acordo com Rodrigues *et al.* (2004), em estudo realizado com árvores de floresta semidecídua afetada por fogo, 27 espécies arbóreas, pertencentes a 17 famílias, apresentaram raízes com brotos caulinares. Este número representou aproximadamente 31,8% das espécies arbóreas da área de estudo. Appezzato-da-Glória (2003) discutiu a importância ecológica destas raízes em diversas espécies de cerrado e de florestas tropicais que sofrem agressões pela ocorrência de queimadas. Hayashi & Appezzato-da-Glória (2005) enfatizaram que raízes gemíferas representam uma das estratégias que as plantas do cerrado desenvolveram para resistirem, especialmente ao fogo.

A raiz gemífera de *B. gaudichaudii* apresenta floema secundário bastante desenvolvido em relação

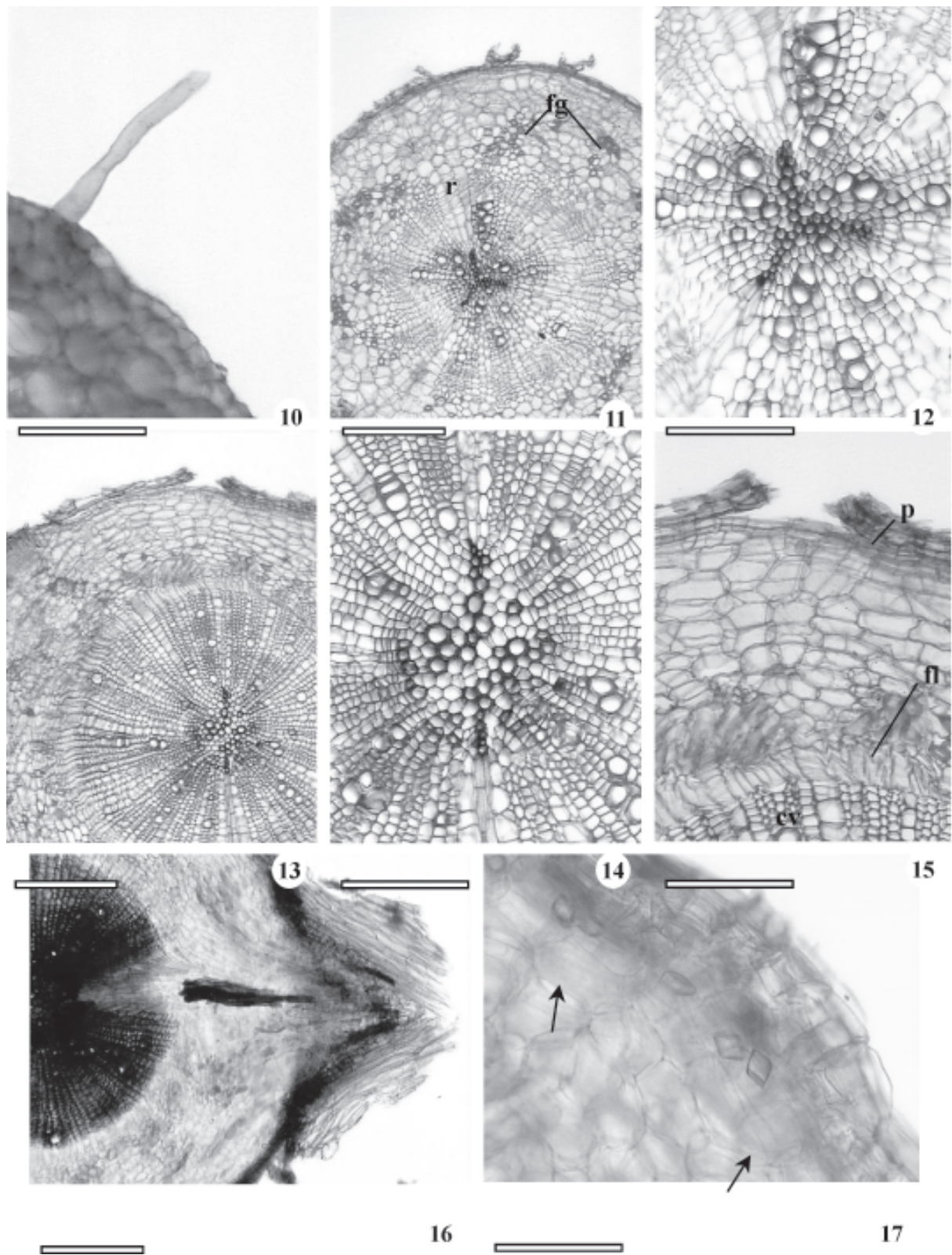


Figura 10-17. Seções transversais da raiz principal do tiorodendo de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. 10. Parênquima cortical e epiderme da região distal com pêlo absorvente. 11. Região mediana com início do desenvolvimento secundário. 12. Pormenor da fig. 11 evidenciando xilema primário triarco. 13. Região proximal com tecidos vasculares secundários e periderme. 14. Pormenor da fig. 13 enfatizando o xilema primário diarco. 15. Pormenor da fig. 13 evidenciando o câmbio vascular, o floema secundário e periderme. 16. Região proximal destacando a presença de raiz lateral. 17. Região proximal com cristais prismáticos (setas). cv = câmbio vascular; fg = fibras gelatinosas; fl = floema secundário; p = periderme; r = raio parenquimático. Barras 50 µm (10, 17); 100 µm (12, 14, 15); 200 µm (11, 13, 16).

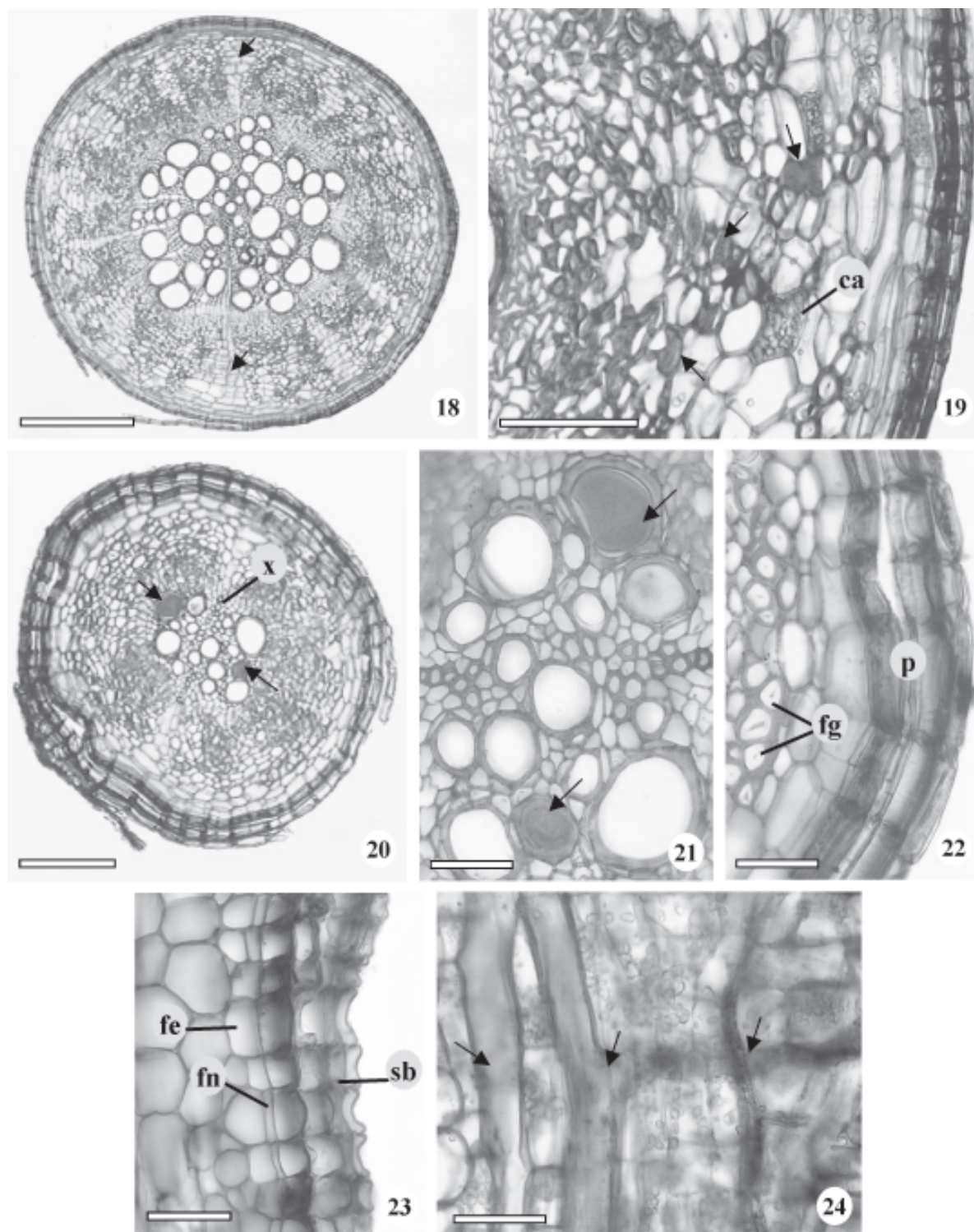


Figura 18-24. Raízes adventícias da planta adulta de *Brosimum gaudichaudii* Trécul em seções transversais (18-22) e seções longitudinais (23-24). 18. Raiz com diâmetro maior evidenciando o sistema vascular secundário e raios parenquimáticos expandidos do floema (setas). 19. Pormenor da região floemática da fig. 18, enfatizando os laticíferos (setas) e célula parenquimática amilífera. 20. Raiz com diâmetro menor destacando o xilema primário diarco com elementos de vasos com conteúdo laticescente (setas). 21. Pormenor da região xilemática da fig. 20 evidenciando elementos de vasos com conteúdo laticescente (setas). 22. Pormenor da fig. 20 enfatizando a periderme e a presença de fibras gelatinosas no floema. 23. Periderme com várias camadas de súber, felogênio e feloderme. 24. Região floemática evidenciando laticíferos (setas). ca = célula parenquimática amilífera; fg = fibras gelatinosas; fe = feloderme; fn = felogênio; p = periderme; sb = súber; x = xilema primário. Barras = 50 μ m (21-24); 100 μ m (19-20); 500 μ m (18).

ao xilema (Fig. 29, 30), e periderme (Fig. 31) com súber formado por várias camadas de células tabulares, predominantemente retangulares (Fig. 32) que se destacam facilmente ao serem manuseadas, otimizando a coleta para fins terapêuticos.

O câmbio vascular é facilmente identificado, com várias camadas celulares, e os raios parenquimáticos, especialmente os floemáticos, apresentam-se repletos de grãos de amido (Fig. 30, 33). A maior quantidade deste amido localiza-se na região periférica do floema, nos raios dilatados (Fig. 30, 34). Os grãos de amido têm formatos e tamanhos variados com predominância de formas esféricas e truncadas (Fig. 35). A presença de amido em raízes gemíferas é comum, conforme verificado por Appezzato-da-Glória (2003), em espécies arbóreas.

A ocorrência de elementos de vasos com tiloses (Fig. 36) nas raízes gemíferas de *B. gaudichaudii* é muito freqüente, sendo uma característica relatada por Metcalfe & Chalk (1950) em vários gêneros de

Moraceae incluindo *Brosimum*. Fedalto *et al.* (1989), em estudos da madeira de algumas espécies de *Brosimum*, descreveram a obliteração de elementos de vasos por tiloses globosas.

Os ramos caulinares originam-se, nas raízes gemíferas, de gemas exógenas (Fig. 37). Segundo Appezzato-da-Glória (2003), estas gemas diferem das gemas adicionais que apresentam origem endógena e são providas de traços contíguos com o centro da raiz.

É comum a presença de fibras gelatinosas distribuídas na região periférica do floema, bem como de laticíferos por todo o floema (Fig. 38). Estes laticíferos são ramificados (Fig. 39) ou não. Igualmente verificado nas raízes adventícias, há ocorrência freqüente de látex no interior dos elementos de vasos (Fig. 40).

Cabe ressaltar que as raízes gemíferas e adventícias da planta adulta e a raiz principal do tirodendro, apresentam odor característico de *Ficus carica*, principalmente ao serem manuseadas. Segundo Pozetti (1969), das cascas das raízes de *B. gaudichaudii*, que especificamente trata-se do floema secundário e periderme, são extraídas duas furanocumarinas, o bergapteno e o psoraleno, empregadas no tratamento do vitiligo. No final da década de 60 e início dos anos 70, o gênero *Brosimum* foi muito estudado sob o ponto de vista fitoquímico devido à presença destas furanocumarinas, substâncias estas aromatizantes de largo emprego na indústria de inseticidas, cigarros, bem como na medicina (Pozetti 1967; Pozetti 1969; Braz Filho *et al.* 1970; Gottlieb *et al.* 1972). Gibernau *et al.* (1997), em estudos sobre os compostos voláteis do extrato de *Ficus carica*, relataram a presença de substâncias comuns aos de *B. gaudichaudii*, como, por exemplo, os sesquiterpenos e as furanocumarinas.

Anatomia do caule – Em secção transversal, o caule jovem, com estrutura primária, apresenta formato cilíndrico (Fig. 44); a epiderme é unisseriada com células de formas e tamanhos variados (Fig. 45) e possui cutícula espessa. A superfície epidérmica é estriada (Fig. 41) com grande densidade de tricomas totores unicelulares com tamanhos variados, além de tricomas glandulares peltados (Fig. 41, 42, 45). O córtex é composto por aproximadamente 19 camadas de células parenquimáticas (Fig. 47), e região medular ampla (Fig. 44). O sistema vascular está representado por um cilindro descontínuo de xilema primário (Fig. 44), pela presença de parênquima interfascicular. O câmbio vascular já está ativo originando xilema

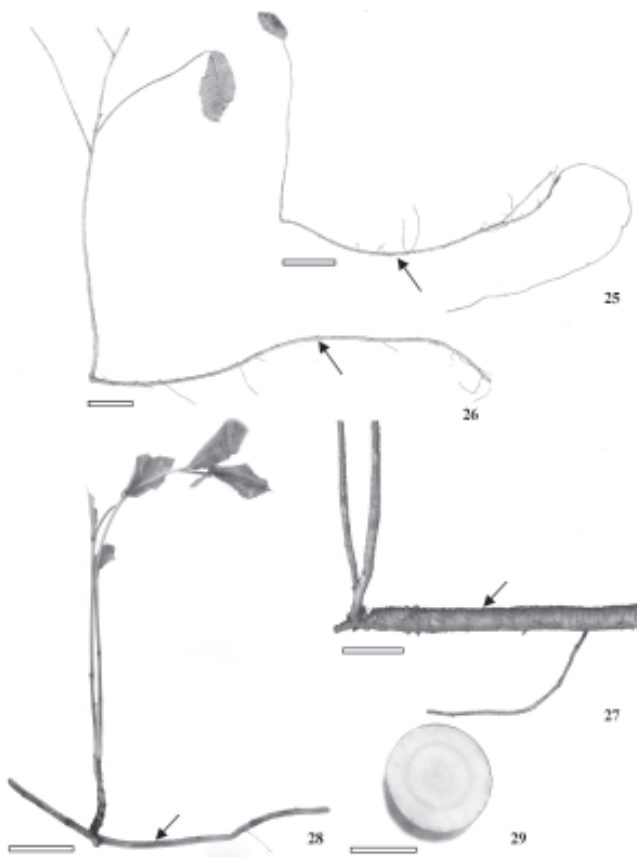


Figura 25-29. Espécimes (25-28) de *Brosimum gaudichaudii* Trécul com raízes gemíferas (setas) de diferentes diâmetros e ramificações caulinares. 29. Secção transversal da raiz gemífera de maior diâmetro. Barras = 1,5 cm (29); 5 cm (25-28).

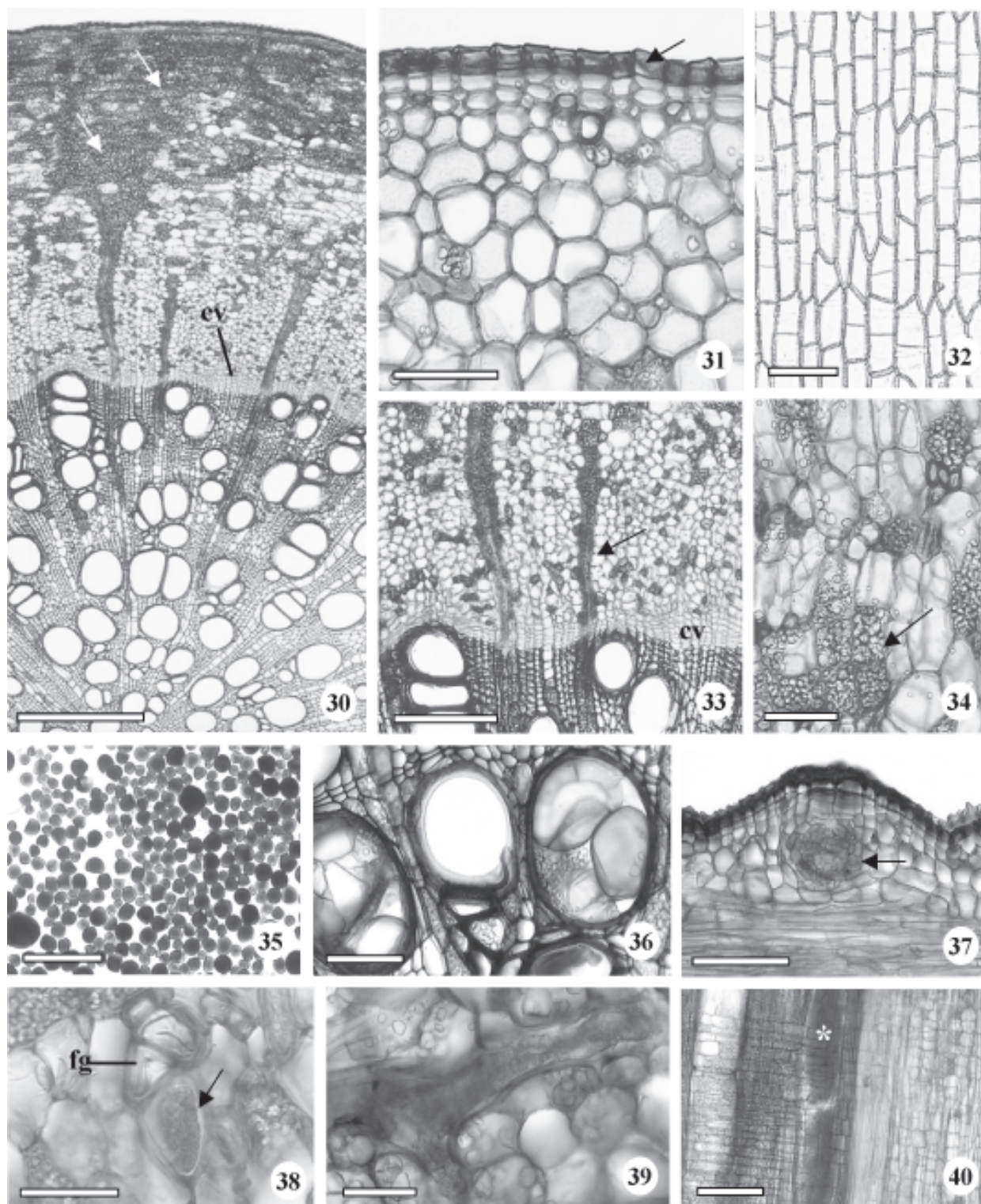


Figura 30-40. Secções transversais (30, 31, 33, 34, 36 e 38), paradérmica (32) e longitudinais (37, 39 e 40) da raiz gemífera da planta adulta de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. 30. Aspecto geral da raiz em desenvolvimento secundário com grande quantidade de grãos de amido na região periférica do floema (setas). 31. Região periférica com periderme (seta). 32. Camada isolada do súber. 33. Pormenor da fig. 30 evidenciando os tecidos vasculares, câmbio vascular e raios parênquimáticos repletos de grãos de amido (seta). 34. Pormenor da fig. 30 evidenciando a região floemática periférica com células parenquimáticas amilíferas (seta). 35. Grãos de amido isolados. 36. Elementos de vasos contendo tiloses. 37. Gema exógena (seta). 38. Laticífero (seta) e fibras gelatinosas localizados no floema. 39. Laticífero ramificado. 40. Elementos de vaso contendo látex (asterisco). cv = câmbio vascular; fg = fibras gelatinosas. Barras = 50 µm (32, 35, 38-39); 100 µm (31, 34, 36, 40); 150 µm (37); 300 µm (33); 600 µm (30).

secundário inicial (Fig. 47). Idioblastos fenólicos (Fig. 46, 47) são observados nas regiões cortical, floemática e medular.

No caule adulto, com estrutura secundária inicial, o córtex (Fig. 48) e tecido epidérmico com tricomas

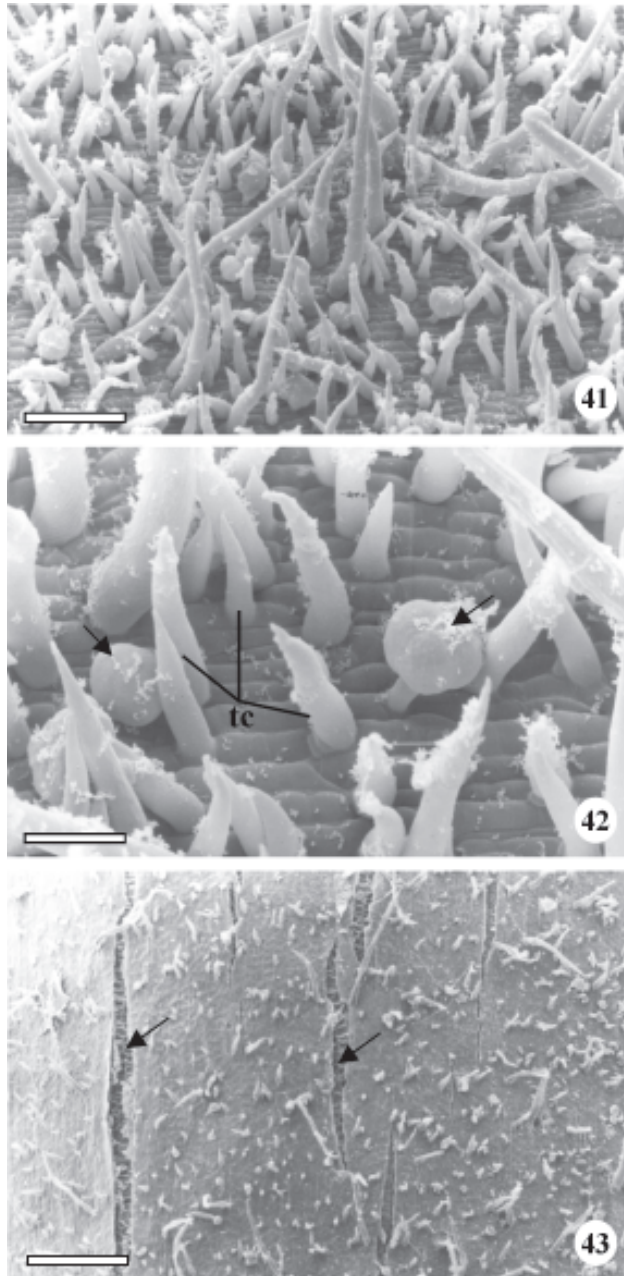


Figura 41-43. Vista frontal do caule jovem (41 e 42) e adulto (43) de *Brosimum gaudichaudii* Trécul em microscopia eletrônica de varredura. 41. Aspecto geral enfatizando a alta densidade de tricomas. 42. Pormenor da fig. 41 evidenciando superfície epidérmica estriada com tricomas tectores e glandulares (setas). 50. Aspecto geral enfatizando a baixa densidade de tricomas e a presença de fissuras (setas). tc = tricoma tector. Barras = 26 μ m (42); 81 μ m (41); 232 μ m (50).

esparços (Fig. 43, 49) ainda estão presentes. Neste estágio, os maiores elementos de vasos do xilema secundário encontram-se alinhados (Fig. 50). Este desenvolvimento inicial do caule segue o padrão de crescimento típico deste órgão para as dicotiledôneas.

Os laticíferos e idioblastos fenólicos, igualmente àqueles da raiz, são observados tanto no córtex como na medula (Fig. 51, 52). Metcalfe & Chalk (1950) relataram a presença de laticíferos ramificados ou não presentes no córtex, medula, periciclo, floema primário e secundário em *Brosimum* e outros gêneros da família; no entanto, citam células secretoras, provavelmente de conteúdo mucilaginoso e não fenólico. Quintanar & Castrejón (2004) mencionaram a ocorrência de polifenóis em células parenquimáticas do floema secundário de cinco espécies de moráceas.

Os estudos anatômicos da casca dos caules com diferentes diâmetros (7 cm, 14 cm e 32 cm) não demonstraram diferenças em seu padrão estrutural, exceto o acréscimo de camadas celulares. A periderme apresenta súber compacto, composto por várias camadas de células com espessamento em forma de U (Fig. 54, 58, 59). Internamente à periderme, ocorre uma faixa irregular de parênquima com células esclerificadas ou não (Fig. 53, 54, 58), oriundas do córtex. O floema secundário apresenta tubos crivados com parede celular nacarada (Fig. 57) e raios parenquimáticos uni, bi ou trisseriados que se dilatam em direção à periferia (Fig. 53 e 56). Na região mais interna do floema observa-se a ocorrência de fibras gelatinosas distribuídas aleatoriamente (Fig. 56), bem como a presença de laticíferos com parede celular espessa (Fig. 55 e 56). Quintanar & Castrejón (2004) relataram a presença de fibras, sem lignificação, solitárias ou em pequenos grupos com distribuição difusa, e laticíferos isolados no floema secundário de espécies de *Ficus* e *Morus*.

Morfologia e anatomia da folha – As folhas de *B. gaudichaudii* são simples, coriáceas, esparsadamente pilosas na face adaxial, e pilosas na abaxial, cujo comprimento varia entre 5 a 13 cm, e a largura entre 1,5 a 6 cm. A filotaxia é alterna, o limbo tem forma elíptica à oblonga, base oblíqua, ápice cuspidado (Fig. 60-62) e margem revoluta (Fig. 82). Em estudo do gênero *Brosimum*, Carauta & Vianna (1977) descreveram folhas elíptica a lanceolada, com dimorfismo acentuado para a espécie *B. gaudichaudii*.

A nervura primária é mais desenvolvida, comparada às demais nervuras do limbo (Fig. 61), com

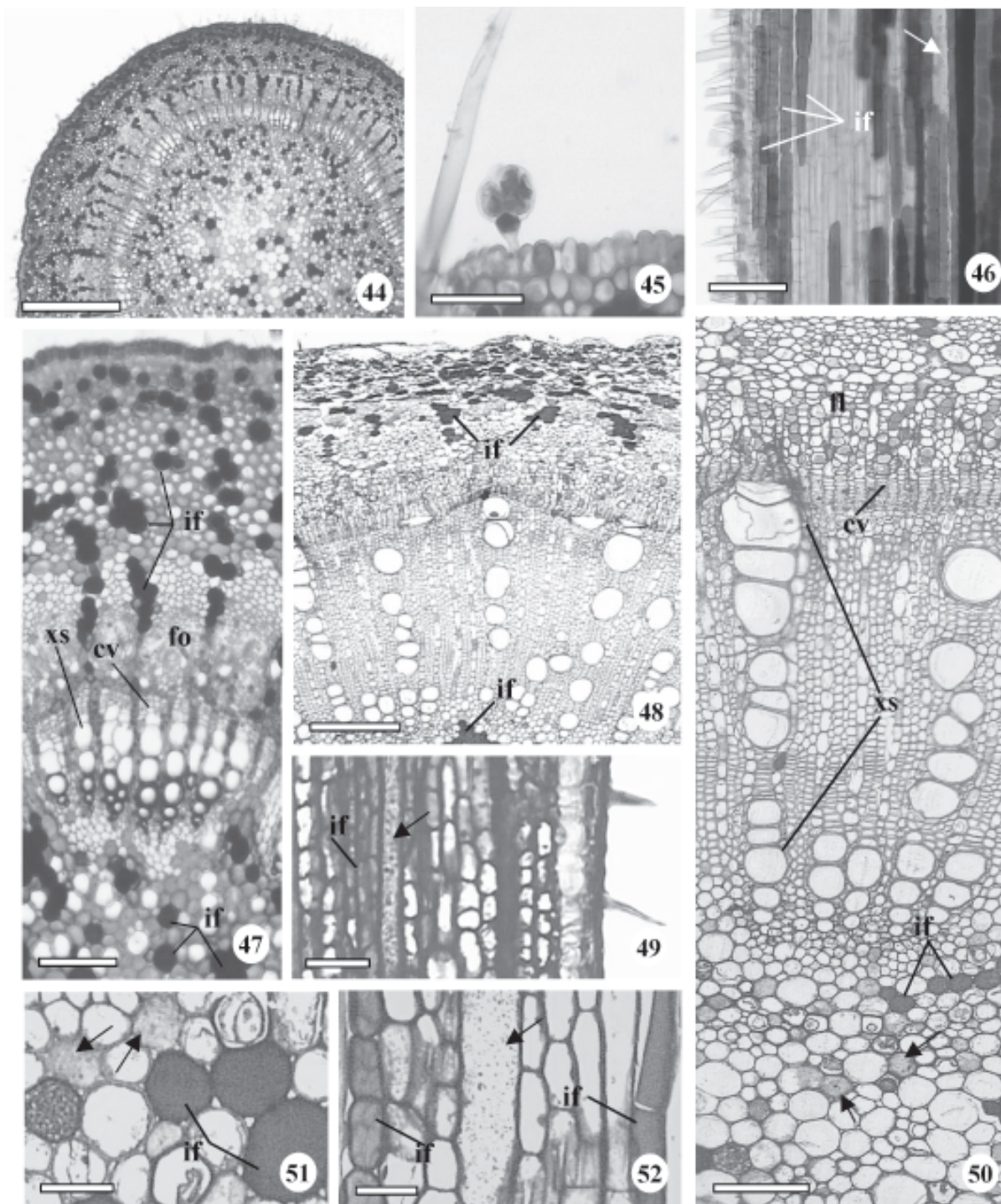


Figura 44-52. Secções transversais (44, 45 e 47) e longitudinal (46) do caule jovem e secções transversais (48, 50 e 51) e longitudinais (49 e 52) do caule adulto de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. 44. Aspecto geral do caule em desenvolvimento primário, mostrando formato cilíndrico. 45. Pormenor da fig. 44 enfatizando epiderme unisseriada e tricomas tector e glandular. 46. Epiderme com tricomas tectores e região cortical evidenciando idioblastos fenólicos e laticífero (seta). 47. Pormenor da fig. 44 destacando as idioblastos fenólicos presentes na região cortical, medular e no floema, e cilindro vascular descontínuo onde nota-se o início da atividade cambial com xilema secundário. 48. Aspecto geral do caule adulto em desenvolvimento secundário mas ainda com estruturas primárias como os idioblastos fenólicos do córtex, floema e medula. 49. Epiderme com tricomas tectores, idioblastos fenólicos e laticífero (seta). 50. Pormenor da da fig. 48 enfatizando o câmbio vascular, floema e xilema secundários, além de idioblastos fenólicos e laticíferos (setas). 51. Detalhe da região medular evidenciando os idioblastos fenólicos e laticíferos (setas) no plano transversal. 52. Detalhe da região cortical evidenciando os idioblastos fenólicos e laticífero (seta) no plano longitudinal. cv = câmbio vascular; fl = floema secundário; fo = floema; if = idioblastos fenólicos; xs = xilema secundário. Barras = 30 µm (51); 50 µm (45, 49, 52); 100 µm (46-47, 50); 200 µm (48); 500 µm (44).

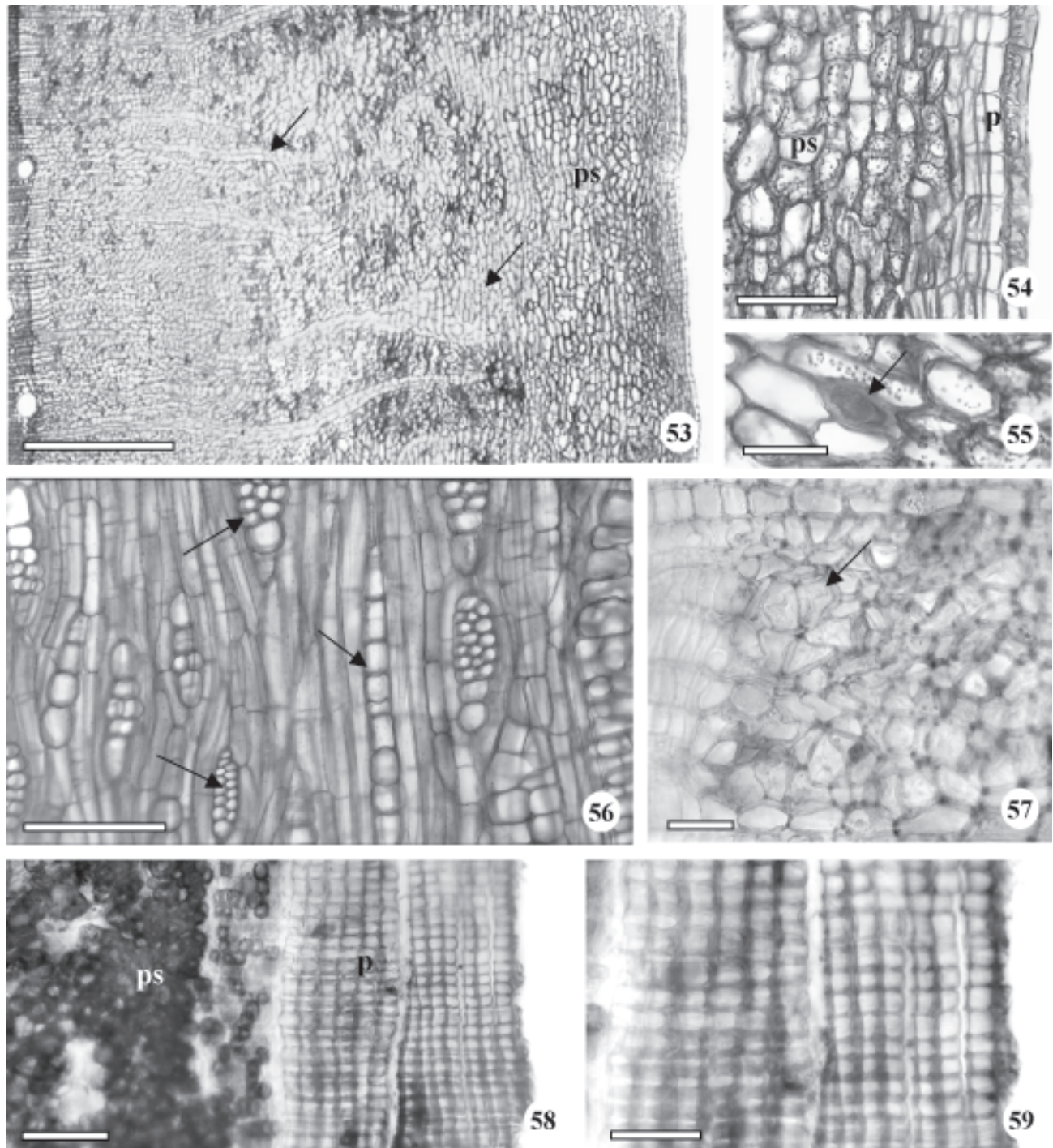


Figura 53-59. Secções transversais da casca do caule adulto, com 14 cm de diâmetro (53-57) e com 32 cm (58 e 59), de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. 53. Aspecto geral da casca com raios parenquimáticos floemáticos (setas) que terminam na faixa de parênquima esclerificado. 54. Pormenor da fig. 53 enfatizando periderme e parênquima esclerificado. 55. Pormenor da fig. 53 enfatizando laticífero com parede celular espessa (seta) presente no floema secundário. 56. Raios parenquimáticos (setas). 57. Floema secundário enfatizando tubos crivados com parede celular nacarada (seta). 58. Aspecto geral da periderme e da faixa de parênquima esclerificado. 59. Pormenor da fig. 58 evidenciando súber com espessamento em u da parede celular. fg = fibras gelatinosas; p = periderme; ps = parênquima esclerificado; r = raio parenquimático. Barras = 50 μ m (55); 100 μ m (54, 57); 125 μ m (59); 200 μ m (56, 58); 600 μ m (53).

o padrão de venação, segundo Hickey (1973), do tipo camptódromo, isto é, as nervuras secundárias não terminam na margem; e sub tipo broquidódromo, pois as nervuras secundárias se unem próximas à margem, e em conjunto formam uma série de arcos proeminentes (Fig. 61, 65). As aréolas são bem definidas, formando malhas com tamanhos e formatos consistentes (Fig. 63), variando de quadrangular à pentagonal (Fig. 63, 65). As terminações vasculares no interior das aréolas são representadas por traqueídes com número variável de terminações, geralmente duas (Fig. 64). A venação marginal é incompleta, pois pequenas nervuras terminam livremente em direção à margem (Fig. 61, 65).

O limbo é dorsiventral, hipostomático e recoberto por indumento denso constituído por papilas, tricomas tectores e tricomas glandulares na face abaxial. Metcalfe & Chalk (1950) relataram que normalmente, em Moraceae, as folhas são dorsiventrais. As nervuras são proeminentes na face abaxial (Fig. 66, 67) e delimitam depressões (Fig. 67, 68), onde se localizam os estômatos circundados por um anel elevado (Fig. 69). Os tricomas tectores são unicelulares pontiagudos ou em gancho, e apresentam tamanhos variados, enquanto os glandulares são do tipo peltado (Fig. 70), e menos freqüentes. Metcalfe & Chalk (1950) mencionaram a ocorrência de tricomas tectores unicelulares para o gênero *Brosimum*. As papilas ocorrem tanto nas depressões como ao longo das nervuras (Fig. 69, 70). Na face adaxial a superfície é estriada e os tricomas são esparsos (Fig. 71). Carauta & Vianna (1977) relataram a presença de pilosidade apenas na face abaxial das folhas de *B. gaudichaudii*. Romaniuc Neto & Wanderley (1992) mencionaram a ocorrência de papilas ásperas nas folhas de *Brosimum glazioui*. Metcalfe & Chalk (1950) enfatizaram que vários tipos de papilas epidérmicas ocorrem em numerosas espécies de *Brosimum*.

O pecíolo, nas três regiões estudadas (proximal, mediana e distal) apresenta formato circular a oval (Fig. 72). A epiderme é unisseriada e apresenta tricomas tectores e glandulares, semelhantes aos observados no caule. O córtex é formado por aproximadamente 17 camadas de células parenquimáticas (Fig. 73). Muitas destas células possuem conteúdo denso constituindo os idioblastos fenólicos que se coram em verde com o Azul de Toluidina e em preto ou marrom com cloreto férrico (Fig. 73). O sistema vascular é formado por feixes colaterais dispostos em anel (Fig. 72, 73). A região central é composta por cerca de seis feixes floemáticos

circundados por idioblastos fenólicos (Fig. 72). Neves *et al.* (1993) mencionaram que é muito comum a presença de porções floemáticas e mais raramente de alguns elementos de vaso na região central do pecíolo e da nervura mediana de *Ficus elliotiana*. Valente & Carauta (1977), em amplo trabalho realizado com espécies de *Dorstenia*, enfatizaram a importância taxonômica da disposição dos feixes vasculares no pecíolo.

A nervura principal é proeminente na face abaxial com leve reentrância na face adaxial (Fig. 74) onde ocorrem seis camadas de células colenquimatosas, enquanto na abaxial, notam-se quatro camadas, seguidas, em ambas as faces, de nove camadas de células parenquimáticas. Calotas de fibras gelatinosas ocorrem externamente ao floema, provavelmente de origem pericíclica (Fig. 75). O floema circunda o xilema (Fig. 74, 75). Na região central da nervura principal nota-se a presença de floema incluso (Fig. 76), semelhante ao encontrado no pecíolo. As nervuras laterais de maior calibre apresentam-se levemente proeminentes na face abaxial e sistema vascular representado por um único feixe vascular colateral envolvido pela bainha de células parenquimáticas de conteúdo fenólico, com extensão até a epiderme de ambas as faces (Fig. 77). Neves *et al.* (1993) relataram a ocorrência de extensões de bainha, de natureza parenquimática, nas nervuras menores de *Ficus elliotiana*.

Na região internervural, o tecido epidérmico é formado por células de formatos variados e maiores na face adaxial (Fig. 78) com cutícula espessa em ambas as faces. Valente & Carauta (1977) descreveram para várias espécies de *Dorstenia* a presença de cutícula espessa e epiderme formada por única camada de células variando na forma e tamanho. Em vista frontal as células epidérmicas adaxiais apresentam paredes celulares grossas, retas à ligeiramente curvas (Fig. 79). Na face abaxial não foi possível determinar, em vista frontal, o formato das células epidérmicas indiferenciadas, devido às depressões e da alta densidade de tricomas (Fig. 80). O mesofilo, dorsiventral, é constituído por duas camadas de parênquima paliçádico e duas ou três camadas reduzidas de parênquima lacunoso (Fig. 81). As células da camada mais externa do parênquima paliçádico são maiores que as da camada mais interna (Fig. 78, 81). Mello Filho *et al.* (1982), em estudo anatômico das folhas de *Ficus auriculata*, relataram a presença de parênquima paliçádico bisseriado, sendo a camada mais interna composta por elementos celulares menores.

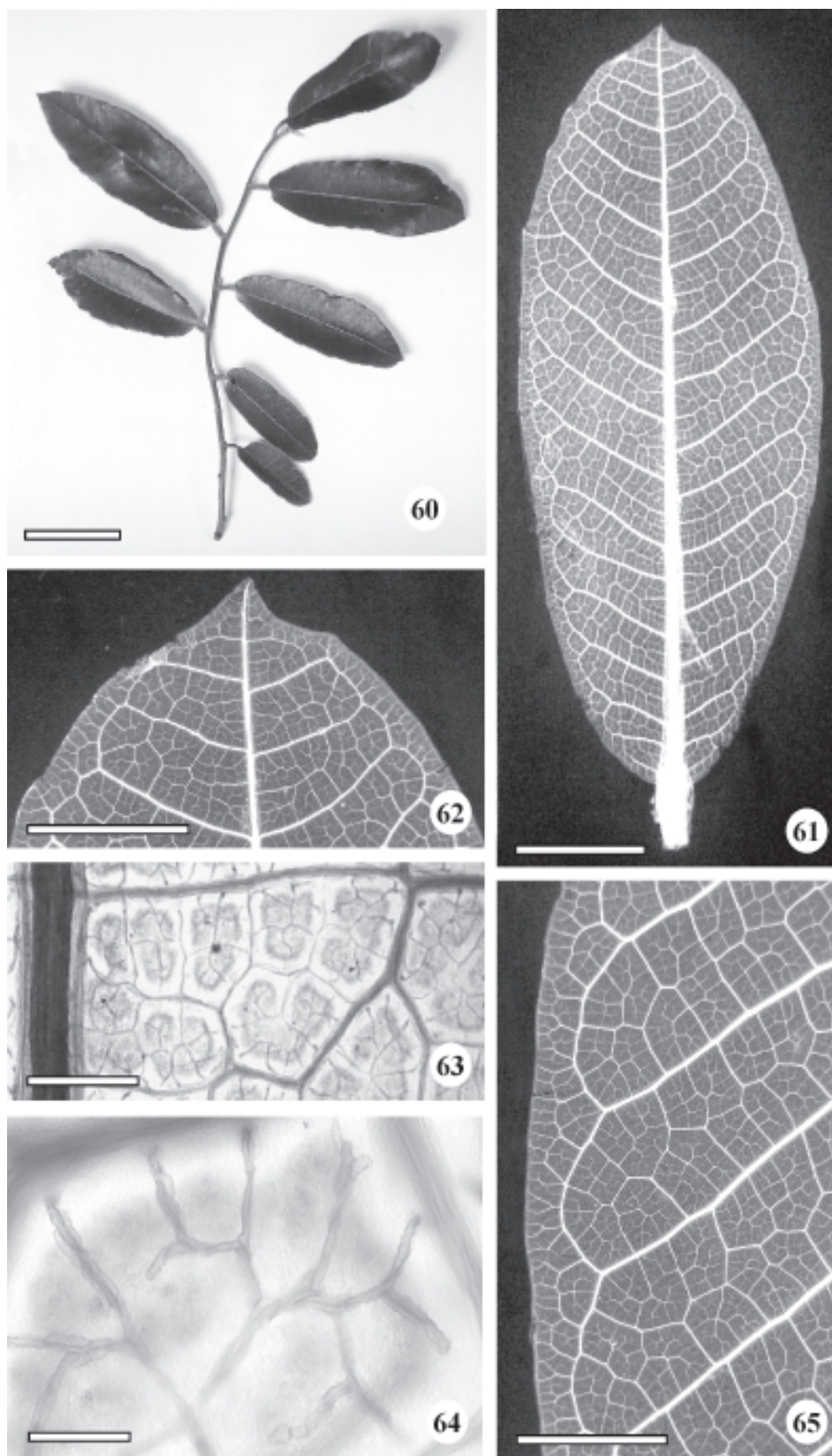


Figura 60-65. Folha de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. 60. Aspecto geral do ramo mostrando filotaxia alternada. 61. Aspecto geral da folha evidenciando padrão de venação broquidódromo. 62. Pormenor da figura 61 enfatizando ápice cuspidado. 63. Detalhe do limbo mostrando aréolas bem definidas. 64. Pormenor da figura 63 evidenciando as terminações vasculares no interior da aréola. 65. Pormenor da figura 61 mostrando venação marginal incompleta. Barras = 0,8 cm (65); 1 cm (62); 5 cm (60); 2 cm (61); 100 μ m (64); 500 μ m (63).

Fidelis *et al.* (2000) mencionaram para folhas de *B. gaudichaudii* a ocorrência de uma camada de parênquima paliçádico e duas camadas compactas de lacunoso.

No bordo observa-se a presença de aproximadamente 10 camadas de células parenquimáticas

colenquimatosas onde o sistema vascular está representado por um único feixe vascular colateral. Nesta região há ocorrência de idioblastos fenólicos (Fig. 82).

As fibras gelatinosas estão amplamente distribuídas nos órgãos vegetativos de

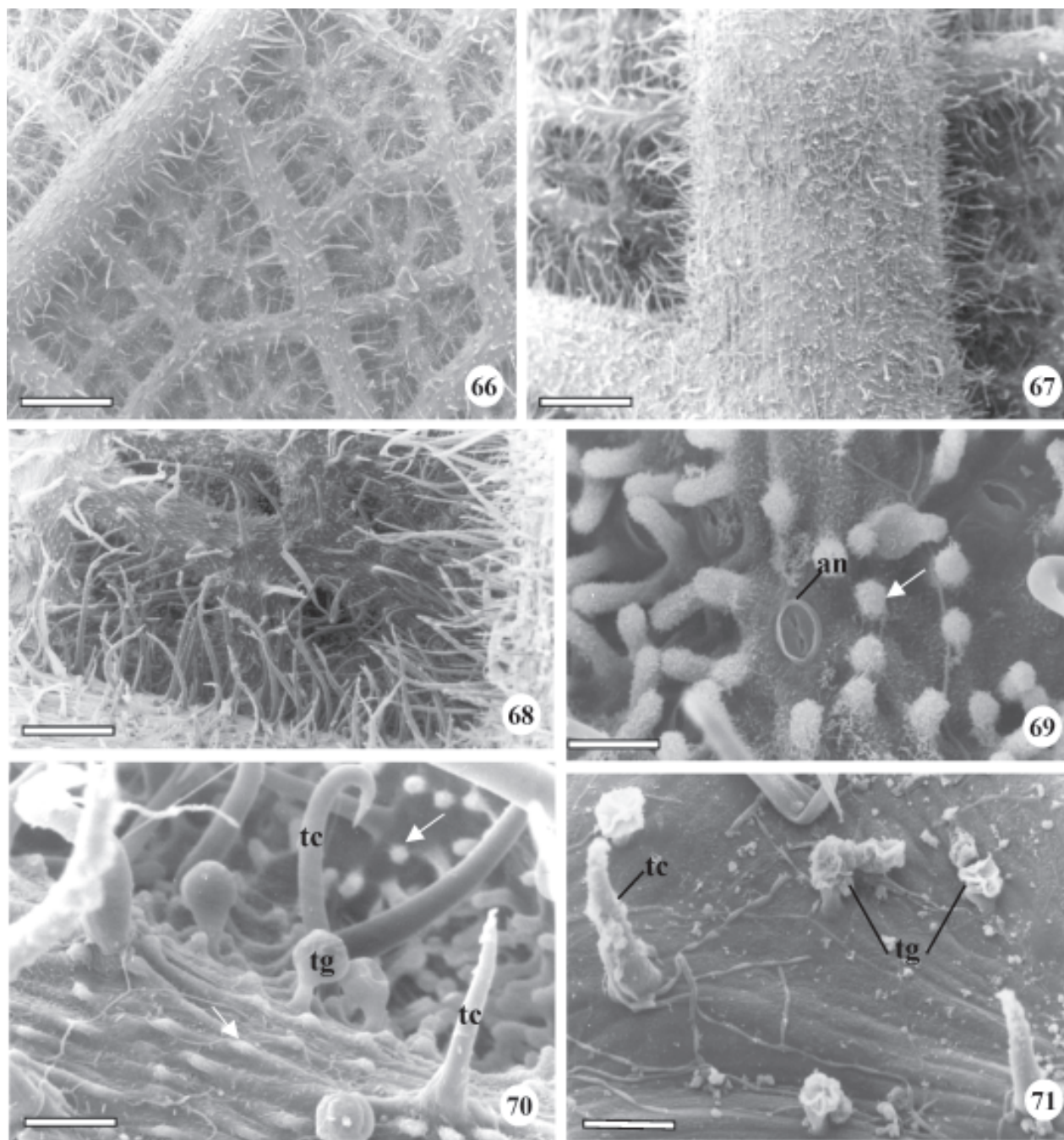


Figura 66-71. Vista frontal da face abaxial (66-70) e adaxial (71) da folha de *Brosimum gaudichaudii* Trécul em microscopia eletrônica de varredura. 66. Aspecto geral das aréolas, críptas e alta densidade de tricomas. 67. Aspecto geral da nervura principal e secundária proeminentes. 68. Pormenor da fig. 67 evidenciando a alta densidade de tricomas tectores na região periférica da aréola. 69. Detalhe de um estômato com anel elevado e papilas (seta). 70. Pormenor da fig. 66 mostrando superfície papilosa (setas) com tricomas glandulares e tricomas tectores pontiagudos em gancho. 71. Aspecto geral com tricomas esparsos. an = anel; tc = tricoma tector; tg = tricoma glandular. Barras = 27 µm (69-70); 59 µm (71); 562 µm (67); 568 µm (68); 852 µm (66);

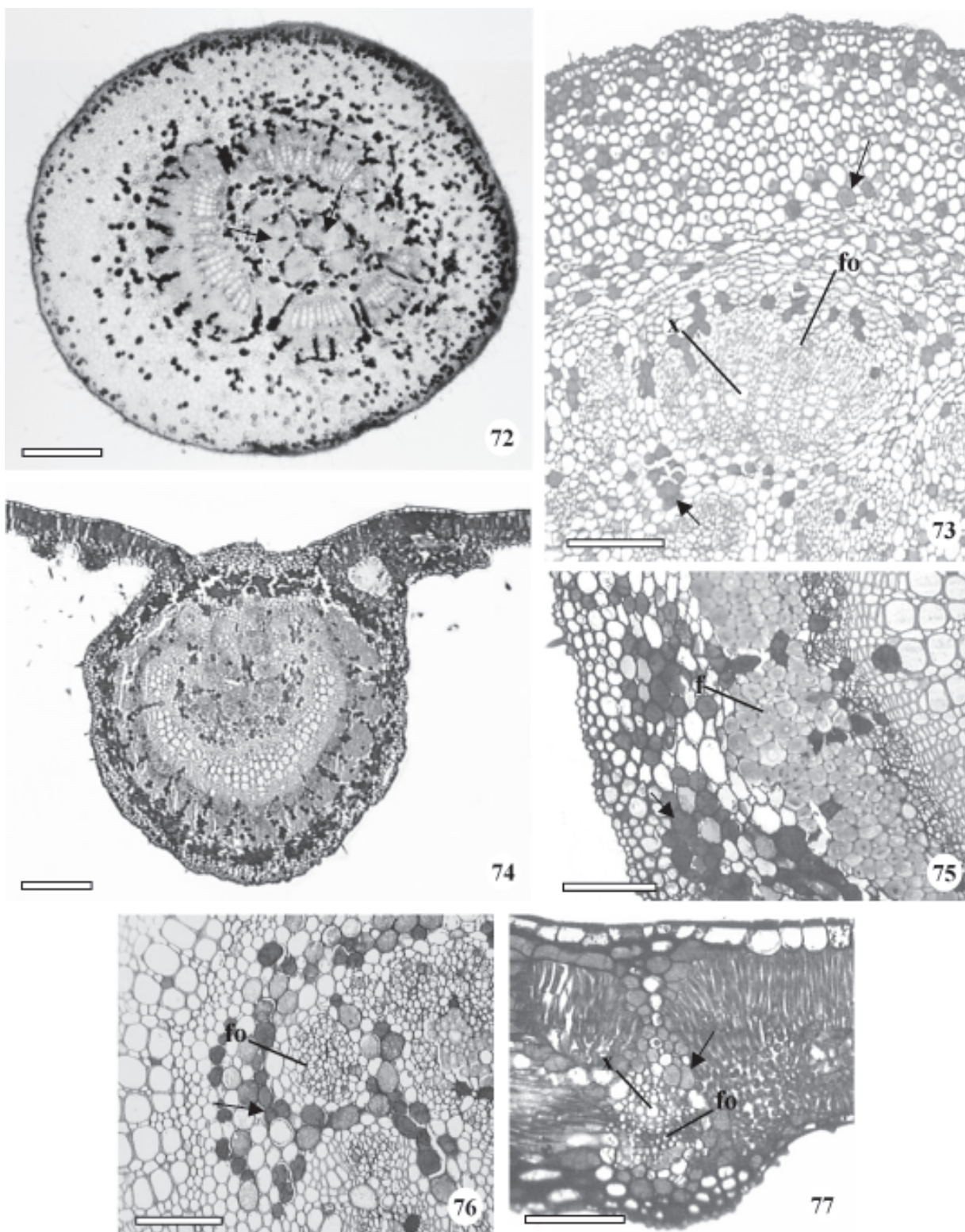


Figura 72-77. Seções transversais da folha de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. 72. Aspecto geral do pecíolo mostrando formato circular com sistema vascular representado por feixes colaterais com floema incluído na região central (setas). 73. Pormenor da figura 72 evidenciando feixe vascular colateral e idioblastos fenólicos (setas). 74. Aspecto geral da nervura principal mostrando face abaxial proeminente. 75. Pormenor da figura 74 enfatizando fibras perivasculares e idioblastos fenólicos (seta). 76. Pormenor da figura 74 evidenciando floema incluído e idioblastos fenólicos localizados na região central da nervura (seta). 77. Nervura lateral com face abaxial levemente proeminente e feixe vascular colateral circundado por bainha composta de células parenquimáticas com conteúdo fenólico (seta). f = fibras; fo = floema; x = xilema. Barras = 100 µm (75-77); 200 µm (73); 300 µm (74); 400 µm (72).

B. gaudichaudii, provavelmente pelo fato destas estruturas apresentarem substâncias altamente higroscópicas na camada parietal interna, atuando como possíveis reservatórios de água, como descrito por Paviani (1978). Este autor já sugeria tal função às fibras gelatinosas do xilopódio de *Plathymenia reticulata*, espécie de cerrado (Paviani 1974). Marcati *et al.* (2001) e Luchi (2004) relataram maior quantidade de fibras gelatinosas no lenho de espécies xerófitas, quando comparadas as mesófitas ou higrófitas.

Em todos os órgãos vegetativos analisados, o látex apresenta coloração branca e consistência leitosa. Romaniuc Neto & Wanderley (1992), enfatizaram para Moraceae, a ocorrência abundante de laticíferos distribuídos em todas as partes da planta, cujo látex é

leitoso. Lewinsohn (1991) relatou que é muito comum a ocorrência de plantas laticíferas na vegetação do cerrado brasileiro, ressaltando a importância do látex como um mecanismo de defesa do vegetal contra a herbivoria.

Além disso, a ocorrência de raízes gemíferas, em *B. gaudichaudii*, também representam uma das estratégias que as plantas do cerrado desenvolveram para resistirem, especialmente ao fogo, como anteriormente enfatizado por Hayashi & Apezada-Glória (2005). Recentemente Galvão & Porfírio-da-Silva (2005) ressaltaram o elevado potencial de regeneração natural da vegetação do cerrado, especialmente se comparado aos ecossistemas florestais submetidos aos mesmos impactos.

Histoquímica – Os resultados dos testes histoquímicos

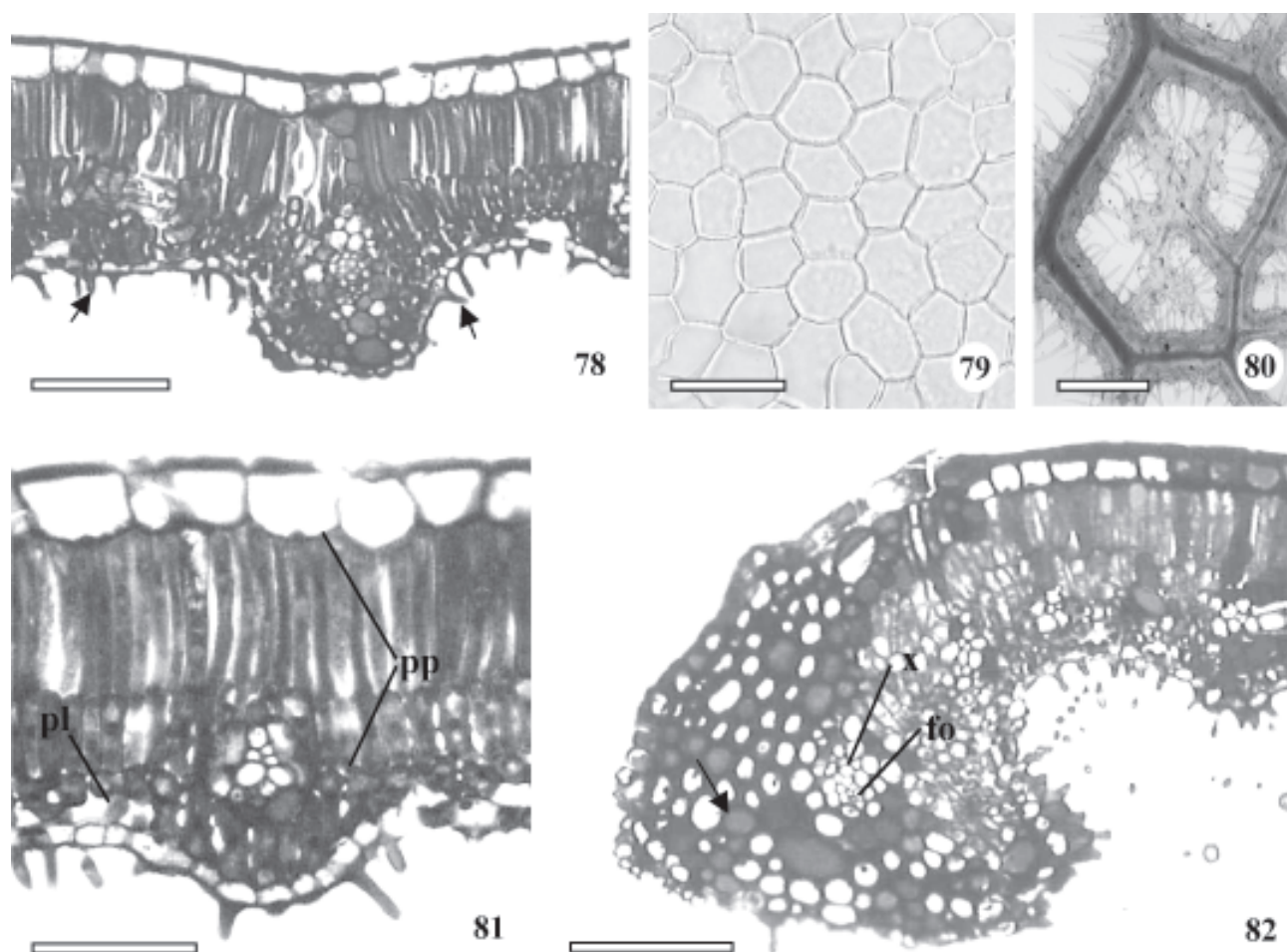


Figura 72-76. Secções transversais (78, 81 e 82) e paradérmicas (79 e 80) da folha de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. 78. Aspecto geral do limbo na região internervural mostrando epiderme unisseriada, em ambas as faces, com cutícula espessa e presença de papilas (setas) apenas na face abaxial. 79. Face adaxial da epiderme evidenciando células com formatos variados e paredes retas à ligeiramente curvas. 80. Face abaxial da epiderme enfatizando as críptas repletas de tricomas. 81. Pormenor da figura 78 evidenciando parênquima paliádico e parênquima lacunoso. 82. Aspecto geral do bordo com parênquima colenquimatoso, feixe vascular colateral e idioblastos fenólicos. fo = floema; pl = parênquima lacunoso; pp = parênquima paliádico; x = xilema. Barras = 50 µm (79); 60 µm (81); 100 µm (78, 82); 500 µm (80).

estão resumidos na Tab. 1. Os grãos de amido estão presentes em todos os tecidos da raiz gemífera, mas em grande quantidade na região periférica do floema (Fig. 30); no pecíolo (Fig. 83), caule jovem e adulto, formam uma bainha amilífera sendo que nestes dois últimos, estão também presentes na zona perimedular. Na casca do caule, os grãos de amido ocorrem principalmente nos raios parenquimáticos do floema secundário. Quintanar & Castrejón (2004), em estudos da casca do caule de cinco espécies de moráceas, relataram a ampla ocorrência de amido no floema, além de polifenóis no parênquima radial.

As substâncias lipídicas presentes em todos os órgãos analisados (Tab. 1), estão bem evidenciadas nos laticíferos (Fig. 84), elementos de vasos com conteúdo latescente (Fig. 85, 86), cutícula (Fig. 87), súber e no interior de células parenquimáticas (Fig. 84),

sob a forma de gotículas. Vilegas *et al.* (1993), em ensaios fitoquímicos de *B. gaudichaudii*, ressaltaram a presença marcante de terpenóides, substâncias estas de natureza lipídica.

Os compostos fenólicos estão presentes em todos os órgãos, mostrando reação fortemente positiva na raiz gemífera, caule jovem (Fig. 47), adulto (Fig. 48), casca do caule (Fig. 88) e pecíolo (Fig. 72 e 73), com idioblastos fenólicos distribuídos por todas as partes destes órgãos. Nos laticíferos de todos os órgãos analisados, a reação para os compostos fenólicos mostrou-se negativa.

Os polissacarídeos, com reação fortemente positiva, exceto na região internervural, ocorrem em todos os órgãos (Tab. 1), permitindo a visualização mais precisa das fibras gelatinosas amplamente presentes (Fig. 89).

Tabela 1. Testes histoquímicos em órgãos vegetativos, ou parte deles, de *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae)

Substâncias Partes do vegetal	Amido	Lipídios	Compostos fenólicos	Polissacarídeos	Proteínas
Raiz gemífera					
Periderme	-	++	+	+	+
Floema 2 ^{ário}	++	+	++	+	+
Xilema 2 ^{ário}	+	+	-	+	-
Caule					
Epiderme	-	+	+	+	+
Parênquima cortical	+	+	++	+	+
Parênquima medular	+	+	+	+	+
Floema 1 ^{ário} e 2 ^{ário}	-	+	+	+	++
Xilema 1 ^{ário} e 2 ^{ário}	-	+	-	+	-
Casca do caule					
Periderme	-	++	+	+	+
Floema 2 ^{ário}	++	+	++	+	+
Pecíolo					
Epiderme	-	+	+	+	+
Parênquima	+	+	++	+	+
Floema	-	+	+	+	++
Xilema	-	+	-	+	-
Nervura principal					
Epiderme	-	+	+	+	+
Parênquima	+	+	++	+	+
Floema	-	+	+	+	++
Xilema	-	+	-	+	-
Região internervural					
Epiderme	-	+	+	+	+
Parênquima paliçádico	+	+	++	+	+
Parênquima lacunoso	-	+	++	+	+
Laticíferos	+	+	-	+	+
Trigomas glandulares	-	+	-	+	-

Reação negativa (-), moderadamente positiva (+) e fortemente positiva (++).

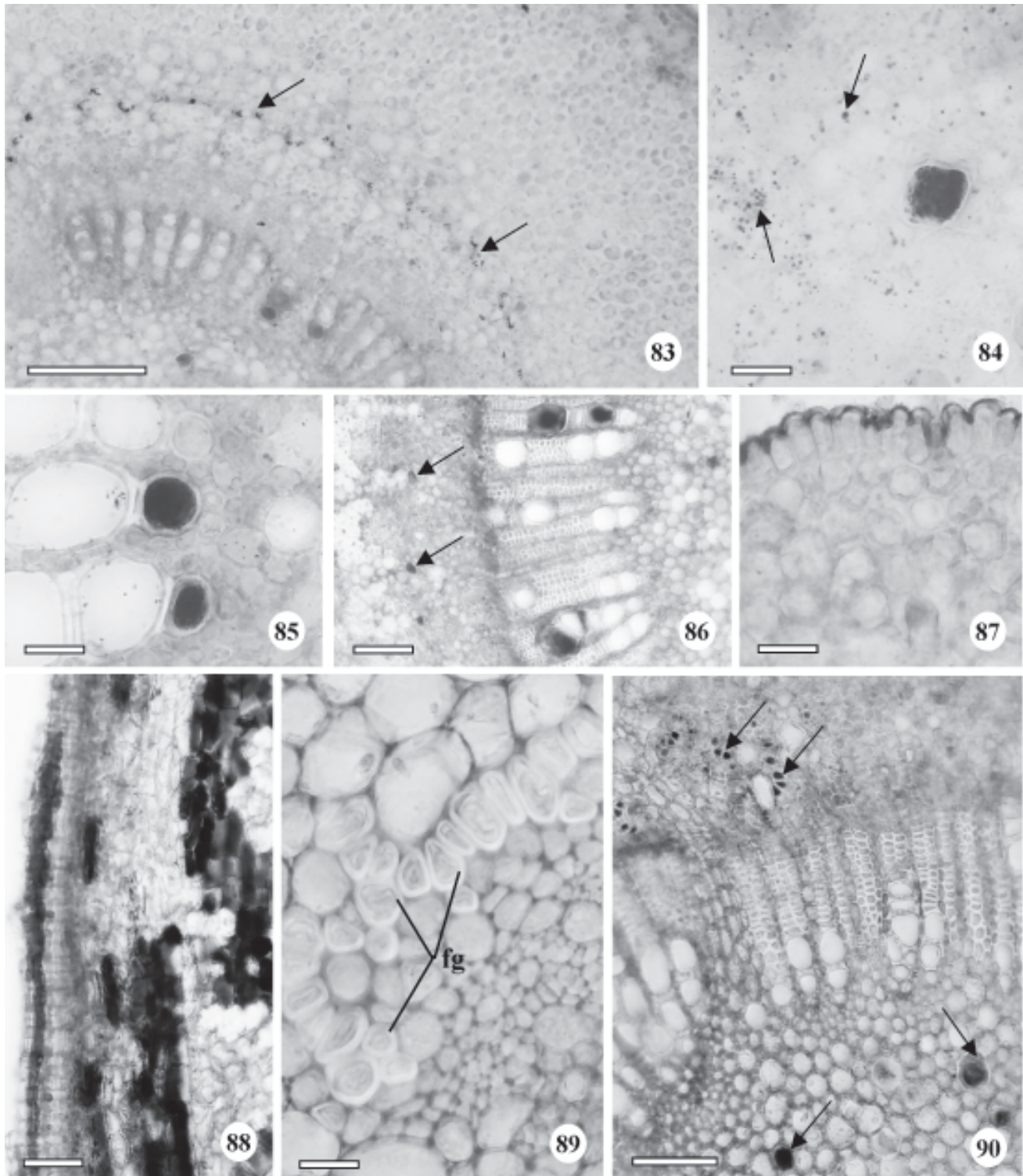


Figura 83-90. Seções transversais do pecíolo (83 e 89), caule adulto (85, 86 e 90), caule jovem (84 e 87) e casca do caule com 7 cm de diâmetro (88) de *Brosimum gaudichaudii* Trécul, submetidos aos testes histoquímicos. 83. Aspecto geral do pecíolo mostrando bainha amilífera (setas). 84. Região medular do caule jovem evidenciando laticífero com conteúdo lipídico e células parenquimáticas com gotículas lipídicas (setas). 85. Elementos de vasos do protoxilema com látex com reação positiva para lipídios. 86. Laticíferos no floema com conteúdo lipídico (setas) e elementos de vasos do xilema secundário com látex com reação positiva para lipídios. 87. Epiderme com cutícula espessa evidenciando a ocorrência de compostos lipídicos. 88. Região periférica do floema secundário repleta de idioblastos fenólicos. 89. Fibras gelatinosas perivasculares. 90. Células do floema e laticíferos com reação positiva para proteínas (setas). fg = fibras gelatinosas. Barras = 25 µm (84-85, 87, 89); 100 µm (86, 88); 200 µm (83, 90).

As proteínas, com reação moderadamente positiva (Tab. 1), ocorrem em todos os órgãos e estão presentes especialmente no floema e laticíferos (Fig. 90).

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram que *B. gaudichaudii* apresenta algumas características morfoanatômicas importantes para a sobrevivência e perpetuação da espécie em um meio adverso, tais como: plântula com germinação cripto-hipogea; ocorrência de raízes gemíferas; a presença de fibras gelatinosas amplamente distribuídas em todos os órgãos, assim como os laticíferos e os idioblastos fenólicos, ambos com papéis importantes na defesa do vegetal, em especial os laticíferos nos processos de cicatrização.

Considerando a importância medicinal de *B. gaudichaudii*, onde especialmente as raízes são exploradas em escala industrial, algumas características morfoanatômicas são de valor para a diagnose da droga vegetal, tais como: coloração marron-avermelhado das raízes gemíferas; odor característico; súber com camadas facilmente destacáveis, especialmente quando manuseado; fibras gelatinosas; formato dos grãos de amido presentes especialmente no floema secundário, elementos de vaso com tiloses e conteúdo latescente; laticíferos não-articulados ramificados. Com base nessas características, o controle de qualidade da droga vegetal, no caso *B. gaudichaudii* poderá ser realizado por meio de técnicas simples, preparo rápido, fácil visualização e custos reduzidos.

Referências bibliográficas

- Alcantara, A.F.C.; Souza, M.R. & Pilo-Veloso, D. 2000. Constituents of *Brosimum potale*. **Fitoterapia** **71**: 613-615.
- Almeida, S. P.; Proença, C.E.B.; Sano, S.M. & Ribeiro, J.F. 1998. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina, Embrapa-CPAC.
- Appezatto-da-Glória, B. 2003. **Morfologia de sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil**. Ribeirão Preto, A.S. Pinto.
- Appezatto-da-Glória, B. & Estelita, M.E.M. 1997. Laticifer systems in *Mandevilla illustris* and *M. velutina* Apocynaceae. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** **66**: 301-306.
- Appezatto-da-Glória, B. & Estelita, M.E.M. 2000. The developmental anatomy of the subterranean system in *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson and *M. velutina* (Mart. ex Stedelm.) Woodson Apocynaceae. **Revista Brasileira de Botânica** **23**: 27-35.
- Azambuja, R. 1981. The treatment of vitiligo. **Brasília Médica** **18**: 69-73.
- Baleroni, C.R.S.; Moraes, M.L.T.; Moraes, S.M.B; Souza, C.S. & Sá, M.E. 2002. Composição química de sementes das espécies florestais mamica-de-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Tréc), marolo arbóreo (*Annona crassiflora* Mart.), marolo-rasteiro (*Annona dioica* St. Hil.), chichá-do-cerrado (*Sterculia striata* St. Hil. ex Turpin) e imbuia (*Ocotea porosa* (Nees) L. Barroso). **Ciências Agrárias e da Saúde** **2**: 28-32.
- Barroso, G.M.; Morim, M.P.; Peixoto, A.L. & Ichaso, C.L.F. 1999. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa, Editora UFW.
- Bosela, M.J. & Ewers, F.W. 1997. The mode of origin of root buds and root sprouts in the clonal tree *Sassafras albidum* (Lauraceae). **American Journal of Botany** **84**: 1466-1481.
- Braz Filho, R.; Magalhães, A.F. & Gottlieb, O.R. 1970. A química das moráceas brasileiras: II brosiprenina e outras cumarinas do *Brosimum rubescens*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **43**: 585-586.
- Carauta, J.P.P. & Vianna, M.C. 1977. *Brosimum* Swartz (Moraceae) do estado do Rio de Janeiro. Pp. 75-89. In: **Anais do XXVI Congresso Nacional de Botânica**. Rio de Janeiro 1975. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.
- Castellani, T.T. & Stubblebine, W.H. 1993. Sucessão secundária inicial em mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica** **16**: 181-203.
- Coradin, V.T.R.; Marques, M.H.B.; Camargo, J.A.A. & Muniz, G.B. 1991. **Chave de identificação das principais madeiras da floresta nacional do Tapajós**. Brasília, IBAMA/LPF.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York, Columbia University Press.
- Détiene, P. & Jacquet, P. 1983. **Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et régions voisines**. Nogent-sur-Mane, Centro Technique Forestier Tropical
- Duke, J.A. & Polhill, R.M. 1981. Seedlings of Leguminosae. Pp. 941-949. In: R.M. Polhill & P.H. Raven (eds.). **Advances in legume systematics**. Kew, Royal Botanical Garden.
- Eames, A.J. & MacDaniels, L.H. 1947. **An introduction to plant anatomy**. New York, McGraw-Hill Company Inc.
- Elisabetsky, E. & Castilhos, Z.C. 1990. Plants used as analgesics by Amazonian caboclos as a basis selecting plants for investigation. **International Journal of Crude Drug Research** **38**: 309-320.
- Esau, K. 1965. **Plant anatomy**. 2ª ed. New York, Wiley & Sons.
- Fahn, A. 1990. **Plant anatomy**. 4 ed. Oxford, Pergamon Press.
- Fedalto, L.C.; Mendes, I.C.A. & Coradin, V.T.R. 1989. **Madeiras da Amazônia: descrição de lenho de 40 espécies ocorrentes na floresta nacional do Tapajós**. Brasília, IBAMA/DIRPE/LPF.
- Fidelis, I.; Castro, E.M.; Pinto, J.E.B.P.; Gavilanes, M.L. & Santiago, E.J.A. 2000. Características anatômicas de estruturas vegetativas de *Brosimum gaudichaudii* Tréc. desenvolvidas *in vitro* e *in vivo*. **Ciências e Agrotecnologia** **24**: 327-336.

- Fuchs, C.H. 1963. Fuchsin staining with NaOH clearing for lignified elements of whole plants or plants organs. **Stain Technology** **38**: 141-144.
- Galvão, A.P.M.; Porfírio-da-Silva, V. 2005. **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo, Embrapa Florestas.
- Gerlach, D. 1969. **Botanische microtechnik**. Stuttgart, George Thieme Eine Einführung.
- Gerrits, P.O. 1991. **The application of glycol metacrylate in histotechnology: some fundamental principles**. Germany, Leica GmbH.
- Gibernau, M.; Buser, H.R.; Jürg, E.F. & Hossaert-Mckey, M. 1997. Volatile compounds extracts of figs of *Ficus carica*. **Phytochemistry** **46**: 241-244.
- Gottlieb, O.R.; Silva, M.L. & Maia, J.G.S. 1972. Distribution of coumarins in Amazonian *Brosimum* species. **Phytochemistry** **11**: 3479-3489.
- Hayashi, A.H. & Appezzato-da-Glória, B. 2005. The origin and anatomy of rhizophores in *Vernonia herbacea* and *V. platensis* (Asteraceae) from the Brazilian Cerrado. **Australian Journal of Botany** **53**: 273-279.
- Hayashi, A.H.; Penha, A.S.; Rodrigues, R.R. & Appezzato-da-Glória, B. 2001. Anatomical studies of shoot bud-forming roots of Brazilian tree species. **Australian Journal of Botany** **49**: 745-751.
- Hickey, L.J. 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. **American Journal of Botany** **60**: 17-33.
- IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. 1994. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, IAPAR/SAA.
- Jensen, W.A. 1962. **Botanical histochemistry**. San Francisco, W.H. Freeman.
- Johansen, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York, McGraw-Hill Company Inc.
- Lewinsohn, T.M. 1991. The geographical distribution of plant latex. **Chemoecology** **2**: 64-68.
- Lima, H.C. 1989. Tribo Dalbergiae (Leguminosae, Papilionoideae): morfologia dos frutos, sementes e plântulas e sua aplicação na sistemática. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro** **30**: 1-42.
- Lorenzi, H. & Matos, J.A. 2002. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. São Paulo, Instituto Plantarum.
- Luchi, A.E. 2004. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica** **27**: 271-280.
- Maack, R. 1981. **Geografia física do estado do Paraná**. Rio de Janeiro, José Olympio.
- Manieri, C. & Chimelo, J.P. 1989. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
- Marcati, C.R.; Angyalossy-Alfonso, V. & Benetati, L. 2001. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** **24**: 311-320.
- Martin, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. **American Midland Naturalist** **36**: 513-629.
- Mazia, D.; Brewer, P.A. & Alfert, M. 1953. The cytochemistry staining and measurement of protein with mercuric bromophenol blue. **Biological Bulletin** **104**: 57-67.
- Mckee, J.J. 1981. PUVA for psoriasis. **American Pharmacy** **9**: 530-532.
- Mello Filho, L.E.; Neves, L.J. & Fernandes, L.D.R.S. 1982. Contribuição ao estudo da anatomia foliar de *Ficus auriculata* Lour. **Boletim do Museu Nacional** **66**: 1-26.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L. 1950. **Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses**. Oxford, Clarendon Press, v.2.
- Miquel, S. 1987. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. **Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle** **9**: 101-121.
- Moreira, A.G. & Klink, C.A. 2000. Biomass allocation and growth of tree species seedlings from two contrasting Brazilian savannas. **Ecotropicos** **13**: 43-51.
- Neves, L.J.; Isaias, R.M.S.; Mello Filho, L.E. 1993. Estudo anatômico da folha de *Ficus elliotiana* Moore. **Bradea** **6**: 196-204.
- Neves, M.L.P.; Ferreira Neto, P.G.; Silva, S.M.S. & Araújo, J.M. 2002. Ensaio para detectar bergapteno na casca e no caule de *Brosimum gaudichaudii* Trec através da produção de melanina em actinomicetes. **Revista Brasileira de Farmacognosia** **12**: 53-54.
- O'Brien, T.P.; Feder, N. & McCully, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma** **59**: 368-373.
- Paviani, T.I. 1974. Sobre a ocorrência de fibras gelatinosas em *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciência e Cultura** **26**: 783-786.
- Paviani, T.I. 1978. Anatomia vegetal do cerrado. **Ciência e Cultura** **30**: 1076-1086.
- Pozetti, G.L. 1967. Contribuição ao estudo do *Brosimum gaudichaudii* Trecul. **Tribuna Farmacêutica** **35**: 1-27.
- Pozetti, G.L. 1969. Chemical study of *Brosimum gaudichaudii* Trecul. 1. isolation and identification of bergapten, and psoralene from the roots of *Brosimum gaudichaudii* Trecul. **Revista da Faculdade de Farmácia e Odontologia de Araraquara** **3**: 215-223.
- Quintanar, A. & Castrejón, J.L.Z. 2004. Anatomia e histoquímica de la corteza de cinco espécies de Moraceae. **Polibotânica** **17**: 15-38.
- Ressel, K.; Guilherme, F.A.G.; Schiavini, I. & Oliveira, P.E. 2004. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica** **27**: 311-323.
- Rizzini, C.T. & Heringer, E.P. 1966. Estudo sobre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **38**: 85-112.
- Robards, A.W. 1978. An introduction to techniques for scanning electron microscopy of plant cells. Pp. 343-444. In: Hall, J.L. (ed.). **Electron Microscopy and Cytochemistry of Plant Cells**. New York, Elsevier.
- Rodrigues, R.R.; Torres, R.B.; Matthes, L.A.F. & Penha, A.S. 2004. Tree species sprouting from root buds in a semideciduous forest affected by fires. **Brazilian Archives Biology and Technology** **47**: 127-133.

- Rodrigues, V.E.G. & Carvalho, D.A. 2001. **Plantas medicinais no domínio dos cerrados**. Lavras, Editora UFPA.
- Romaniuc Neto, S. & Wanderley, M.G.L. 1992. Flora fanerogâmica da reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). **Hoehnea** **19**: 165-169.
- Shirota, O.; Takizawa, K.; Sekita, S.; Satake, M.; Hirayama, Y.; Hakamata, Y.; Hayashi, T. & Yanagawa, T. 1997. Antiandrogenic natural diels-alder-type adducts from *Brosimum rubescens*. **Journal of Natural Products** **60**: 997-1002.
- Solereder, H. 1908. **Sistematic anatomy of the dicotyledons: a handbook for laboratories of pure and applied botany**. v.1. Oxford, Clarendon Press.
- Souza, L.A. 2003. **Morfologia e anatomia vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula**. Ponta Grossa, Editora UEPG.
- Souza, V.C. & Lorenzi, H. 2005. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. São Paulo, Instituto Plantarum.
- Takashima, J. & Ohsaki, A. 2001. Acutifolins A-F, a new flavan-derived constituent and five new flavans from *Brosimum acutifolium*. **Journal of Natural Products** **64**: 1493-1496.
- Takashima, J.; Asano, S. & Ohsaki, A. 2002. Mururins A-C, three new lignoids from *Brosimum acutifolium* and their protein kinase inhibitory activity. **Planta Medica** **68**: 621-665.
- Torres, S.L.; Monteiro, J.C.M.; Arruda, M.S.; Muller, A.H. & Arruda, A.C. 1997. Two flavans from *Brosimum acutifolium*. **Phytochemistry** **44**: 347-349.
- Valente, M.C. & Carauta, J.P.P. 1977. Comparação das espécies brasileiras de *Dorstenia* L. (Moraceae). Pp. 597-633. In: **Anais do XXVI Congresso Nacional de Botânica**. Rio de Janeiro 1975. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.
- Veenendaal, W.L.H.V. & Outer, R.W.D. 1990. Distribution and development of the non-articulated branched laticifers of *Morus nigra* L. (Moraceae). **Acta Botanica Neerlandica** **39**: 285-296.
- Vieira, R.F. & Silva, S.R. (coords.). 2002. Estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas. Pp. 184. In: **Resultados da 1ª Reunião Técnica**. Brasília, Embrapa/Ibama/CNPq.
- Vilegas, W.; Pozetti, G.L. & Vilegas, J.H.Y. 1993. Coumarins from *Brosimum gaudichaudii*. **Journal Natural Products** **56**: 416-417.
- Vogel, E.F. 1980. **Seedlings of dicotyledons: structure, development, types, descriptions of 150 woody Malesian taxa**. Wageningen, Pudoc.
- Wu, C. & Kuo-Huang, L. 1997. Calcium crystals in the leaves of some species of Moraceae. **Botanical Bulletin of Academia Sinica** **38**: 97-104.