Rev. Biol. Neotrop. 6(1):13-23, 2009

Morfoanatomia e venação foliar de seis espécies de *Phoradendron* Nutt. (Viscaceae)

Greta Aline Dettke

Maria Auxiliadora Milaneze-Gutierre

Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Maringá, 87020-900, Paraná, Brasil; e-mail: milaneze@uem.br

Resumo: Neste estudo, foi realizada a análise morfoanatômica e do padrão de venação das folhas de seis espécies de hemiparasitas (*Phoradendron*, Viscaceae) presentes em Maringá, Paraná. As folhas mostraram grande variação em relação ao formato do limbo e do ápice foliar. A nervação é do tipo trinérvea em *P. obtusissimum*, *P. mucronatum* e *P. quadrangulare*, quinquinérvea em *P. linearifolium* e *P. perrottetii* e quintuplinérvea em *P. piperoides*. A distribuição das nervuras em todas as espécies é do tipo acródromo, suprabasal em *P. piperoides* e basal nas demais espécies. Anatomicamente, as espécies apresentaram padrão semelhante de distribuição de tecidos: as folhas são anfiestomáticas, com estômatos paracíticos, recobertas por cutícula fina; as paredes periclinais externas das células epidérmicas são espessas e cutinizadas; o mesofilo é homogêneo, com braquiesclereídes e traqueídes dilatadas; idioblastos com cristais, compostos lipídicos e fenólicos também ocorrem nos estratos parenquimáticos. O pecíolo é recoberto por epiderme papilosa. Os feixes vasculares foliares são colaterais abertos, com fibras derivadas do floema e xilema primários. Os aspectos morfológicos são os mais indicados para a distinção de espécies de *Phoradendron*, juntamente com as análises do padrão de venação, sendo os aspectos anatômicos complementares.

Palavras-chave: Hemiparasitas, *Phoradendron*, revestimento cutinizado, Viscaceae, xeromorfia.

Morphoanatomy and leaf venation of six species of *Phoradendron* Nutt. (Viscaceae)

Abstract: In this study, we analyzed the leaf morphology and anatomy as well as the pattern of leaf venation of six mistletoe species (*Phoradendron*, Viscaceae) occurring in Maringá, in the state of Paraná. The leaves are highly variable in relation to the limb and leaf apex shape. The venation type is trinervia in *P. obtusissimum*, *P. mucronatum* and *P. quadrangulare*, quinquenervia in *P. linearifolium* and *P. perrottetii*, and quintuplinervia in *P. piperoides*. The distribution of vascular bundles in all the species is acrodromous, suprabasal in *P. piperoides* and basal in the other species. Anatomically, the species presented similar pattern of tissue distribution: the leaves are amphystomatic with paracytic stoma, covered by a thin cuticle; the periclinal wall of the epidermis cells is thick and cutinized; the mesophyl is homogeneous with brachysclereids, dilated tracheids and idioblasts with crystals, lipidic and phenolic substances. The petiole is covered by a papilose epidermis. The vascular bundles are collateral with derived fibers of the phloem and primary xylem. The morphologic aspects are the most suitable for the distinction of *Phoradendron* species, together with the analyses of the venation pattern, and the anatomical aspects complement them.

Key words: Mistletoe, *Phoradendron*, cutinized coat, Viscaceae, xeromorphy.

Introdução

O gênero *Phoradendron* Nutt. é composto de espécies hemiparasitas, popularmente denominadas "ervas de passarinho". Possui distribuição restrita ao continente americano e, de acordo com Rizzini (1978a,b), a maior diversidade de espécies encontra-se na América do Sul. Rizzini (1956) contabilizou para o Brasil um total de 254 espécies de hemiparasitas (Loranthaceae e Viscaceae), sendo *Phoradendron*

o gênero mais rico, com 120 espécies, distribuídas em todas as regiões do país. Kuijt (2003) assinalou a ocorrência de cerca de 80 espécies desse gênero para o Brasil.

Entre os trabalhos que tratam da morfoanatomia dos órgãos vegetativos das plantas hemiparasitas de ramos aéreos, destacam-se os estudos de Ashworth (1997), Ashworth & Santos (1997), Calvin (1967), Cannon (1901), Carlquist (1985), Hauenstein et al. (1990), Metcalfe & Chalk (1979), Varela & Gurni (1995), Wilson & Calvin (2003), York (1909).

Contudo, são relativamente escassos os trabalhos morfoanatômicos enfocando tais espécies no Brasil, principalmente se considerada sua alta diversidade. Nesse sentido, destacam-se espécies de Loranthaceae (*Struthantus vulgaris* e *S. flexicaulis*) estudadas por Venturelli (1981, 1984). Em relação aos estudos anatômicos dos órgãos vegetativos de espécies de Viscaceae no Brasil, o trabalho de Rizzini (1950) sobre *Phoradendron fragile* (espécie áfila e endêmica do Rio de Janeiro) é referenciado na literatura. Recentemente, Dettke & Milaneze-Gutierre (2007) e Ferreira et al. (2007) mostraram resultados anatômicos de populações de *Phoradendron mucronatum* ocorrentes no Paraná e na Paraíba, respectivamente.

Em vista do exposto, este estudo teve o objetivo de analisar alguns aspectos da morfologia externa e interna das folhas de seis espécies de *Phoradendron* (Viscaceae) ocorrentes no município de Maringá, Paraná, como contribuição ao conhecimento dessas espécies no Brasil. Este estudo também contribuirá fornecendo elementos para auxiliar na identificação de espécies desta família, por caracteres vegetativos, além de subsidiar futuros estudos de ecofisiologia e do metabolismo destas plantas.

Material e métodos

Neste estudo, foram analisadas as folhas das seguintes espécies de *Phoradendron* Nutt.: *P. obtusissimum* (Miq.) Eichler, *P. linearifolium* Eichler, *P. mucronatum* (DC.) Krug & Urb., *P. perrottetii* (DC.) Eichler, *P. piperoides* (Kunth) Trel. e *P. quadrangulare* (Kunth) Griseb. As amostras utilizadas provieram de espécimes ocorrentes no município de Maringá, estando as amostras-testemunho depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUEM), sob os registros: 11834, 11619, 11404, 11402, 11620 e 11403, respectivamente.

Para a análise morfológica, foram utilizadas folhas maduras totalmente expandidas de, no mínimo, quatro indivíduos de cada espécie e as dimensões determinadas com auxílio de régua comum. Para a análise da venação, as folhas foram previamente fixadas em FAA 50 e, posteriormente, transferidas para etanol 70% para conservação. A diafanização foi feita seguindo as indicações de Handro (1964). As terminologias utilizadas para as descrições morfológicas e do padrão de venação estão de acordo com Rizzini (1977) e Hickey (1979), respectivamente.

As seções anatômicas foram elaboradas à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear, nos planos transversal, longitudinal e paradérmico das folhas jovens (até o quarto nó) e maduras (a partir do quarto nó), utilizando-se, no mínimo, quatro indivíduos de cada espécie. Após diafanizadas com hipoclorito de sódio 33%, lavadas em água destilada e submetidas ao processo de dupla coloração com azul de astra e safranina (Kraus & Arduin, 1997), as seções foram montadas em gelatina glicerinada, como lâminas semipermanentes. Para a contagem do número de estratos celulares, foram utilizadas dez seções transversais do pecíolo e limbo foliar, todas provenientes de órgãos totalmente expandidos. Para a análise do formato das células individualizadas, amostras de material vegetativo foram maceradas, seguindo as indicações de Kraus & Arduin (1997).

Para a contagem estomática, foram preparadas seções paradérmicas de folhas maduras de 10 indivíduos em vários pontos de ocorrência, sendo analisados 10 campos por face foliar, totalizando 100 campos. Foram incluídos na contagem, realizada em microscópio óptico, todos os complexos estomáticos que continham total ou parcialmente suas respectivas células-guarda no interior do campo visual de 0,145 mm^2.

Os testes microquímicos foram realizados em seções obtidas à mão livre, em materiais frescos ou fixados, dependendo da natureza do teste. A ocorrência de substâncias pécticas foi detectada utilizando-se vermelho

de rutênio (Strasburger, 1924); a de substâncias fenólicas por cloreto férrico 10%; a cutina, usando Sudan IV (Johansen, 1940); a lignina foi identificada com floroglucina em meio ácido; o amido, pelo lugol (Sass, 1951); o oxalato de cálcio foi revelado pela ação do cloral hidratado 60% em solução com ácido sulfúrico 25% em etanol absoluto e a celulose e a lignina, diferenciadas pelo cloreto de zinco iodado (Kraus & Arduin, 1997).

As ilustrações foram obtidas com auxílio de câmara clara acoplada ao microscópio óptico ou microscópio estereoscópico; as fotomicrografias foram obtidas com fotomicroscópio *Olympus* (modelo BX51), utilizando para a captação de imagens o software Image Pro Express.

Resultados

Morfologia foliar

A análise morfológica das folhas demonstrou a grande variação destes órgãos no que diz respeito ao formato do limbo e do ápice, como pode ser observado na Tabela 1. Apenas *P. piperoides* e *P. quadrangulare* apresentam o formato do limbo uniforme; nas demais espécies, frequentemente ocorrem dois ou três formatos distintos. Quanto ao contorno do ápice foliar, *P. obtusissimum* e *P. linearifolium* apresentaram todas as folhas com ápice obtuso, enquanto no restante das espécies este se apresentou de vários formatos. Todas as espécies estudadas possuem margem foliar inteira, base cuneada e textura coriáceo-carnosa.

Em relação às dimensões foliares, também observou-se alta variabilidade entre indivíduos da mesma espécie, com exceção de *P. obtusissimum*, *P. mucronatum* e *P. quadrangulare*, nas quais esta não foi tão marcante. Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e extremos das dimensões das folhas das espécies estudadas.

Nervação foliar

As folhas analisadas são trinérveas em *P. obtusissimum* (Figura 1A), *P. mucronatum* (Figura 1C) e *P. quadrangulare* (Figura 1F). Nessas espécies, as três nervuras centrais são perceptíveis a olho nu, com saliências na região basal do limbo. A distribuição de nervuras é do tipo acródromo basal perfeita e as nervuras laterais confluem para a nervura principal na região do ápice foliar.

Nervação do tipo quinquinérvea ocorre em *P. linearifolium* (Figura 1B) e *P. perrottetii* (Figura 1D), as nervuras mais externas seguindo na primeira espécie somente até a região mediana da folha, enquanto na segunda, estas atingem o terço superior do limbo. As duas nervuras laterais confluem para a principal na região apical. A distribuição das nervuras, nessas espécies, é do tipo acródromo basal perfeita, se consideradas apenas as três nervuras mais calibrosas.

P. piperoides (Figura 1E) possui nervação quintuplinérvea, com aparência de triplinérvea devido ao destaque das três nervuras mais calibrosas; as nervuras externas atingem o terço inferior do limbo, embora pouco perceptíveis a olho nu. Nessa espécie, a distribuição das nervuras é do tipo acródromo suprabasal perfeita, se consideradas as mais calibrosas.

Em todas as espécies analisadas, a partir das nervuras principais ou primárias partem nervuras secundárias, de calibre menor, com ângulos de divergência irregulares. Perto da margem foliar, formam arcos com as nervuras suprajacentes. As nervuras terciárias seguem o modelo reticulado, no qual elas se anastomosam entre si ou com as terciárias, sendo menos denso em *P. perrottetii* (Figura 1D). As terminações das nervuras podem ser não ramificadas (raras), bífidas ou trífidas, livres nas proximidades da margem, como observado em *Phoradendron quadrangulare* (Figura 1F).

Anatomia foliar

As folhas das espécies de *Phoradendron* analisadas neste estudo apresentaram-se recobertas por epiderme uniestratificada, com células de paredes anticlinais retas e formatos variados em vista frontal, de triangulares a heptagonais irregulares (Figura 2A). Em seção transversal, as células epidérmicas apresentaram formato de quadrangular a retangular. A epiderme pode ser papilosa em determinadas porções do limbo foliar, como as regiões sobre as nervuras e no bordo em *P. obtusissimum*, *P. perrottetii* e *P. quadrangulare*, sendo pouco pronunciadas nas demais espécies (Tabela 1).

Tabela 1 – Características morfoanatômicas das folhas de espécies de *Phoradendron* Nutt. (Viscaceae).

Característica	***P. linearifolium***	***P. mucronatum***	***P. obtusissimum***	***P. perrottetii***	***P. piperoides***	***P. quadrangulare***
Formato do limbo foliar	Linear; cuneado-oblongo; falciforme	Obovado; longamente lanceolados	Oblongo; obovado-oblongo; acinaciforme	Falcado; cuneato-oblongo	Largamente lanceolado	Estreitamente lanceolado
Forma do ápice foliar	Obtuso	Retruso; obtuso-emarginado; arredondado	Obtuso	Obtuso; agudo	Agudo; acuminado	Obtuso-mucronado; Obtuso
Dimensões médias (compr. x larg. – cm)	10 x 1,5	3,5 x 1,5	5 x 2	8 x 2	6 x 3	3 x 1
Dimensões extremas (compr.) x (larg.) – cm	(7-15) x (1,2-2)	(3-3,8) x (1,2-2)	(4,5-6,0) x (1,8-2,5)	(6-12) x (1-3)	(4-11) x (2,5-4)	(2,75-3,3) x (0,8-1,3)
Tipo de nervação[1]	Quinquinérvea	Trinérvea	Trinérvea	Quinquinérvea	Quintuplinérvea	Trinérvea
Epiderme foliar papilosa[2]	Pouco	Pouco	Sim	Sim	Pouco	Sim
Estômatos (nº mm^{-2})[3]						
Face adaxial	35,81 ± 12,26	39,66 ± 9,89	87,87 ± 14,72	56,81 ± 8,61	43,31 ± 8,77	70,65 ± 14,83
Face abaxial	43,93 ± 11,82	49,58 ± 11,66	92,62 ± 14,26	63,15 ± 10,27	64,32 ± 11,59	76,44 ± 14,96
Estratos do mesofilo (nº)						
Basal	10-14	8-15	12-15	12-18	15-20	10-12
Mediano	10-12	6-8	10-12	10-16	10-12	10-12
Apical	8-10	5-8	8-11	10-12	8-11	8-10
Formato do pecíolo em seção transversal	Biconvexo	Plano-convexo	Biconvexo	Plano-convexo	Biconvexo plano-convexo	Biconvexo
Estratos parenquimáticos do pecíolo	10-12	4-8	8-10	4-12	8-12	6-12

[1]Baseado em Rizzini (1977).
[2]Sobre as nervuras de maior calibre e bordos.
[3]Número médio acompanhado pelo respectivo desvio-padrão.

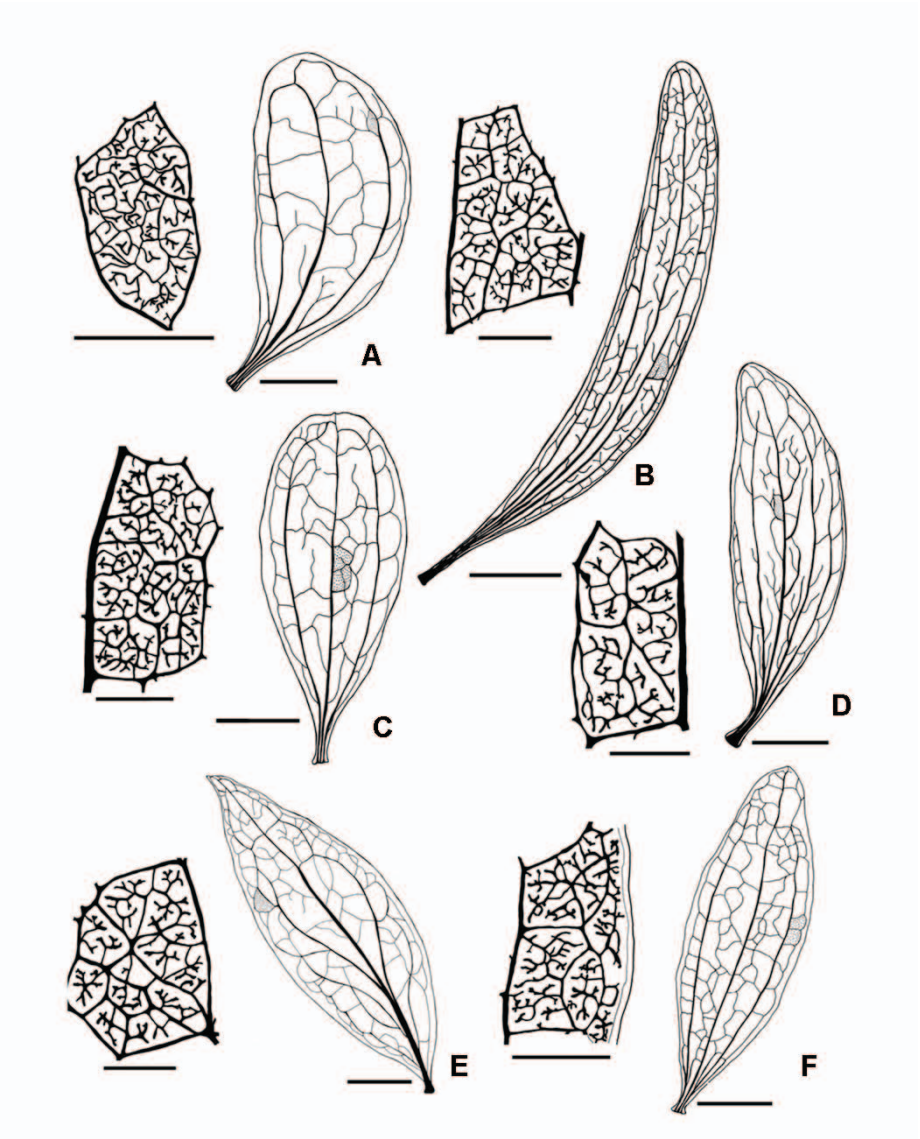

Figura 1 - Padrão de venação das folhas de espécies hemiparasitas de *Phoradendron*. À esquerda, detalhe das aréolas destacadas na ilustração geral da direita. **A.** *P. obtusissimum*. **B.** *P. linearifolium*. **C.** *P. mucronatum*. **D.** *P. perrottetii*. **E.** *P. piperoides*. **F.** *P. quadrangulare*. Barras: Detalhes = 2 mm; Folhas A, C e F = 1 cm; B, D e E = 2 cm.

Todas as espécies estudadas apresentaram epiderme impermeabilizada por uma cutícula delgada. As células epidérmicas apresentaram as paredes periclinais externas bastante espessas e cutinizadas, com espessura sempre superior a 15 µm, assim como parte das paredes anticlinais, formando flanges desenvolvidas (Figura 2B).

Frequentemente, células epidérmicas danificadas são visíveis no tecido de revestimento dessas plantas, que se esclerificam e depositam lignina em suas paredes (Figura 2A). Sobre a cutícula, encontra-se uma densa trama de hifas fúngicas e fungos liquenizados, especialmente em folhas maduras de ambientes mais úmidos e sombreados, como em alguns espécimes de *P. piperoides* e *P. quadrangulare*.

Os estômatos, presentes nas duas faces foliares, são do tipo paracítico (Figura 2A), distribuindo-se aleatoriamente e apresentando câmara subestomática pouco desenvolvida. As células-guarda possuem paredes periclinais espessas (maior espessura na parede periclinal interna) e situam-se sempre abaixo do nível das células subsidiárias (Figura 2B). As células subsidiárias possuem espessamento adicional das paredes sobre o poro estomático, formando uma projeção, de tal forma que há o desenvolvimento de uma câmara supraestomática (Figura 2B).

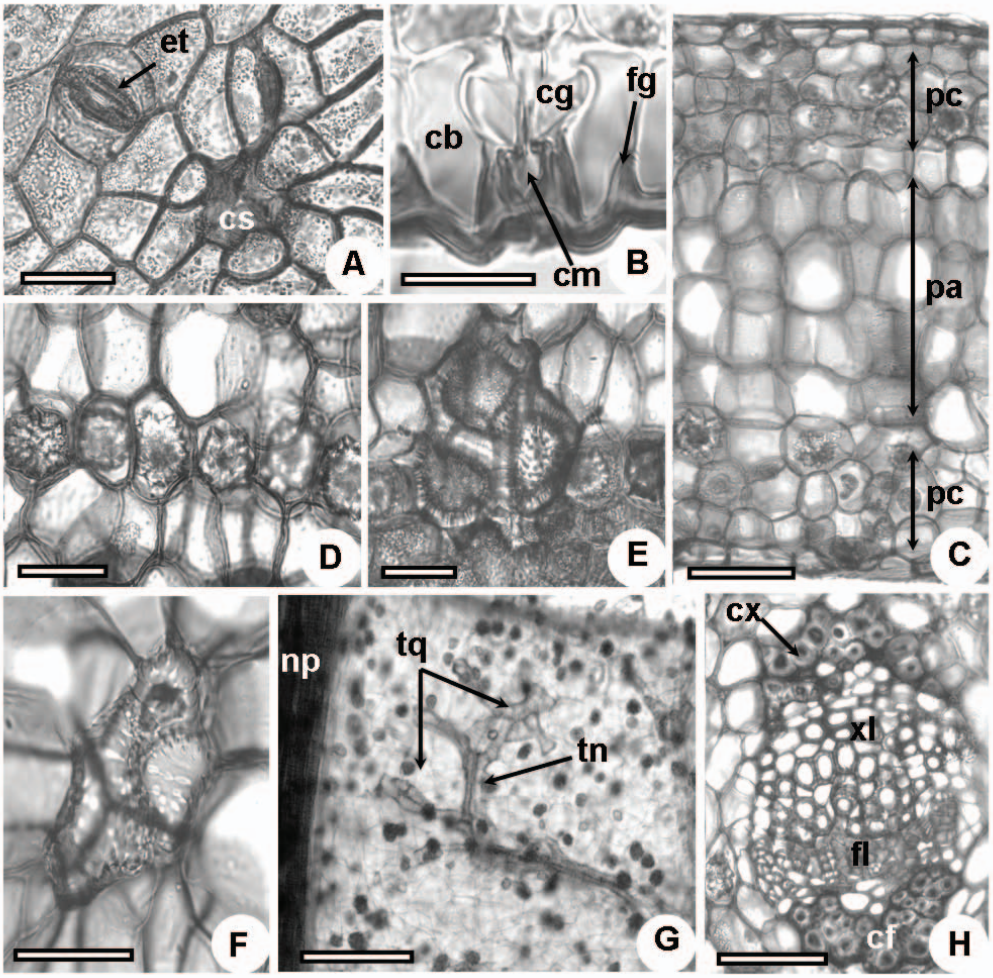

Figura 2 – Seções anatômicas do limbo foliar de espécies hemiparasitas de *Phoradendron*. **A.** Seção paradérmica da região mediana do limbo foliar de *P. quadrangulare*; **B.** Seção transversal do complexo estomático de *P. obtusissimum*; **C.** Seção transversal da região mediana do limbo foliar de *P. piperoides*; **D.** Detalhe de idioblastos com drusas do mesofilo de *P. perrottetii*; **E.** Detalhe de um grupo de braquiesclereídes do mesofilo de *P. obtusissimum*; **F.** Detalhe de uma traqueíde dilatada da folha de *P. quadrangulare*; **G.** Detalhe de uma aréola de *P. perrottetii*; **H.** Seção transversal do feixe vascular mediano de *P. obtusissimum*. cb: célula subsidiária; cf: calota de fibras adjacente ao floema; cg: célula-guarda; cm: câmara supraestomática; cs: célula epidérmica esclerificada; cx: calota de fibras adjacente ao xilema; et: estômato; fg: flange; fl: floema; np: nervura principal; pa: parênquima aquífero; pc: parênquima clorofiliano; tn: terminação da nervura terciária; tq: traqueíde dilatada; xl: xilema. Barras: B = 25 µm; A, D-F = 50 µm; C, H = 100 µm; G = 200 µm.

O número de estômatos por mm^2 é variável entre as espécies, porém sempre maior na face abaxial, como pode ser observado na Tabela 1. *P. obtusissimum* apresentou maior densidade estomática, seguida de *P. quadrangulare*, *P. perrottetii*, *P. piperoides*, *P. mucronatum* e *P. linearifolium*.

As folhas de todas as espécies de *Phoradendron* estudadas possuem, predominantemente, mesofilo constituído por parênquima homogêneo (Figura 2C). Três ou quatro estratos subepidérmicos, em ambas as faces, são formados por células pouco alongadas anticlinalmente, menores, mais justapostas e que contêm cloroplastídeos em seu interior, caracterizando o parênquima clorofiliano; os demais estratos internos possuem células aproximadamente isodiamétricas, relativamente maiores, com poucos cloroplastídeos, caracterizando o parênquima aquífero. Eventualmente, em *P. mucronatum* todas as células do mesofilo podem ter o formato mais alongado transversalmente, tanto em folhas jovens como em maduras.

Em direção à base ou ao ápice do limbo foliar, há geralmente um respectivo aumento ou diminuição do número de estratos celulares, acompanhando o calibre das nervuras, não sendo superior a 20 ou inferior a cinco estratos nas espécies estudadas (Tabela 1).

No mesofilo é abundante a presença de idioblastos com drusas de oxalato de cálcio, principalmente nas camadas internas do parênquima clorofiliano, muitas vezes formando uma camada contínua (Figura 2D), ou perto das nervuras de maior calibre. Essas drusas podem apresentar tamanhos distintos, tendo o formato típico desse cristal, e também podem ser aproximadamente arredondadas (projeções dos cristais mais curtas do que na drusa típica) ou ter a região central escura ao microscópio óptico. Cristais amorfos e prismáticos de oxalato de cálcio podem ocorrer, no entanto, em menor proporção do que as drusas.

Braquiesclereídes também são comuns nas folhas dessas espécies. São formadas pela esclerificação das células do parênquima aquífero e aumentam sua frequência nas folhas maduras. Ocorrem, preferencialmente, de forma isolada e também em pequenos grupos, de duas a cinco células (Figura 2E).

Além dessas células, também estão presentes no parênquima aquífero células curtas ou isodiamétricas, com paredes celulares lignificadas mais finas em relação às anteriores e com numerosas pontoações areoladas, denominadas traqueídes dilatadas (Figura 2F). Essas células são características das terminações das nervuras (Figura 2G).

Os feixes vasculares que percorrem o limbo foliar das espécies de *Phoradendron* são colaterais abertos e possuem uma calota de fibras adjacentes a cada polo condutor, sendo geralmente mais expressiva no polo floemático (Figura 2H). Nas folhas jovens, o floema primário adquire espessamento celulósico e de substâncias pécticas e, posteriormente, após a formação da parede secundária lignificada, dá origem às fibras localizadas externamente ao floema secundário.

Os diagramas dos pecíolos estão representados na Figura 3. Em seção transversal, apresentam formato biconvexo ou aproximadamente plano-convexo, dependendo da espécie analisada (Tabela 1).

No pecíolo, a epiderme forma papilas mais proeminentes (Figuras 4A-D), podendo também ser lisa em algumas regiões, como em *P. piperoides*. Seguem-se cerca de quatro a doze estratos de parênquima clorofiliano homogêneo, dependendo da espécie analisada (Tabela 1). Os feixes vasculares são normalmente em número de três a sete, conforme a espécie e o número de nervuras que partem da base da folha.

O crescimento secundário é mais acentuado no pecíolo do que no restante da folha e os feixes vasculares podem ou não ser individualizados por raios parenquimáticos, dependendo do estádio de diferenciação ou da altura da seção (Figura 3). Idioblastos com drusas e cristais amorfos são comuns no parênquima cortical, assim como braquiesclereídes, isoladas ou em grupos (Figura 4E).

As células do mesofilo, especialmente o parênquima clorofiliano da folha, frequentemente possuem pequenas gotículas de substâncias lipídicas em seu interior. Após teste microquímico para detecção de compostos fenólicos, observou-se grande quantidade nas células parenquimáticas do pecíolo e do limbo foliar de todas as espécies.

Discussão

Neste estudo, foi possível observar a grande variação que as espécies de *Phoradendron* possuem em relação à folha, no que diz respeito ao formato do limbo e do ápice foliar. Essa alta plasticidade foi mencionada por Rizzini (1978a) como sendo uma característica que dificulta a distinção entre espécies, principalmente se considerada grande parte de sua diversidade. Para as espécies presentes na região de Maringá, utilizadas neste estudo, o formato e as dimensões foliares foram suficientes para a distinção entre elas, apesar de suas variações. As variações da nervação entre as espécies também auxiliam nessa distinção, principalmente das nervuras primárias, embora todas sejam do tipo acródromo. Já as características das nervuras secundárias, terciárias e as terminações são semelhantes entre as espécies avaliadas. Anatomicamente, as espécies *P. obtusissimum*, *P. linearifolium*, *P. mucronatum*, *P. perrottetii*, *P. piperoides* e *P. quadrangulare* possuem o mesmo padrão de organização dos tecidos nas folhas.

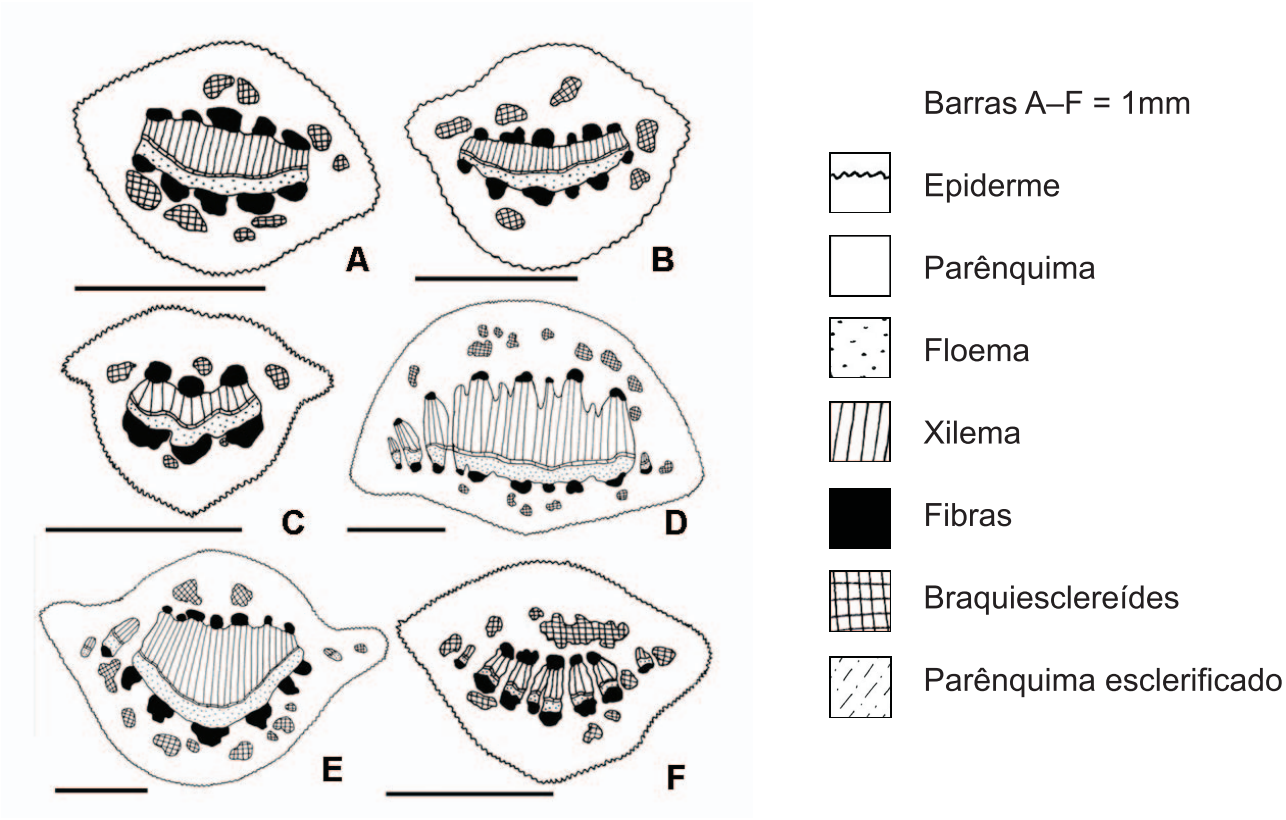

Figura 3 – Diagrama esquemático das seções transversais dos pecíolos de espécies hemiparasitas de *Phoradendron*. **A.** *P. obtusissimum*; **B.** *P. linearifolium*; **C.** *P. mucronatum*; **D.** *P. perrottetii*; **E.** *P. piperoides*; **F.** *P. quadrangulare*.

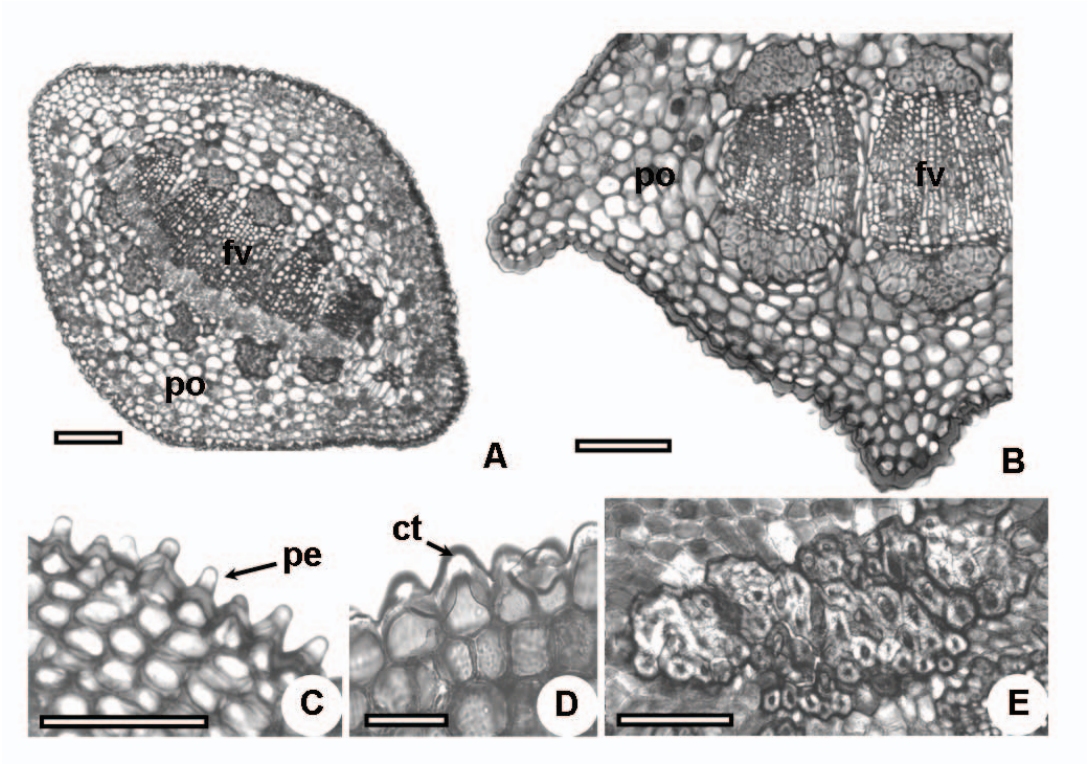

Figura 4 – Seções transversais dos pecíolos de espécies hemiparasitas de *Phoradendron*. **A.** *P. obtusissimum*; **B.** *P. mucronatum*; **C.** Detalhe da epiderme de *P. mucronatum*; **D.** Detalhe da epiderme de *P. linearifolium*; **E.** Detalhe de um grande grupo de braquiesclereídes de *P. piperoides*; ct: revestimento cutinizado; fv: feixe vascular; pe: papila epidérmica; po: parênquima cortical. Barras: D = 50 µm; C = 100 µm; A, B, E = 200 µm.

As espécies estudadas apresentam uma série de características xeromórficas que corroboram as descrições de outros autores para espécies correlatas (Ashworth, 1997; Carlquist, 1985; Hauenstein et al., 1990; Metcalfe & Chalk, 1979; Rizzini, 1950; Varela & Gurni, 1995; Venturelli, 1984; York, 1909), tais como: revestimento espesso e cutinizado, epiderme papilosa, mesofilo compacto e presença expressiva de células esclerificadas e idioblastos cristalíferos nos tecidos vasculares e no parênquima fundamental.

As folhas das espécies estudadas apresentaram revestimento espesso e cutinizado, formado pela cutícula e paredes periclinais externas das células epidérmicas, erroneamente denominado cutícula nos trabalhos realizados com espécies de Santalales (Ashworth, 1997; Hauenstein et al., 1990; Metcalfe & Chalk, 1979; Varela & Gurni, 1995). Esse revestimento espesso e cutinizado impermeabiliza as folhas, podendo auxiliar na diminuição da perda de água por transpiração (Juniper & Jeffree, 1983; Mauseth, 1988). No entanto, conforme Cutter (1986) relatou, a deposição de cutina pode ser causada não só pela disponibilidade de água como também pela intensidade luminosa do ambiente. Aliadas a essas características estão as projeções das paredes das células subsidiárias sobre o poro estomático, que implicam formação de uma câmara supraestomática, aumentando a resistência para a saída de vapor de água da folha. A formação de câmaras supraestomáticas é comum em espécies epífitas, tais como as bromélias e as cactáceas, que possuem estômatos abaixo do nível das demais células epidérmicas (Dettke & Milaneze-Gutierre, 2008a,b).

De acordo com Boeger et al. (1997), nesse caso, a cutícula, juntamente com as paredes periclinais externas das células epidérmicas, constitui um reforço, auxiliando na manutenção da forma das células, função esta que pode ser ampliada pela deposição das flanges observadas em todas as espécies de *Phoradendron* estudadas. Conforme Mauseth (1988) afirmou, a cutícula e as paredes cutinizadas, além de serem os primeiros meios de retenção de água, representam uma superfície refletora, protegendo o DNA das células dos efeitos mutagênicos da radiação ultravioleta. Ainda segundo o mesmo autor, substâncias como a cutina são completamente indigestíveis, constituindo excelente proteção contra fungos e demais patógenos que não possuem enzimas capazes de digeri-las. De fato, observações de campo indicam baixo índice de herbivoria sobre os órgãos vegetativos das espécies estudadas.

Estômatos paracíticos (ou rubiáceos), como os relatados para as espécies estudadas, parecem ser uma característica constante em espécies de Viscaceae e de outras famílias da ordem Santalales, tendo sido relatados nos trabalhos de York (1909), Metcalfe & Chalk (1979), Venturelli (1984), Carlquist (1985), Hauenstein et al. (1990), Varela & Gurni (1995), Wilson & Calvin (2003) e Varela et al. (2004).

A densidade estomática foliar pode ser considerada baixa se comparada com a de outras espécies de hemiparasitas (Hauenstein et al., 1990; Venturelli, 1984) que possuem valores superiores a 100 estômatos mm^{-2} na face abaxial, porquanto, neste estudo, somente *P. obtusissimum* chegou próximo deste valor. Contudo, foi observado o mesmo padrão de distribuição: densidade estomática sempre maior na face abaxial, podendo ser nula na face adaxial, como ocorreu para as espécies estudadas por Hauenstein et al. (1990) e Venturelli (1984).

Nas células parenquimáticas do limbo foliar e pecíolo são comuns gotículas lipídicas como substância de reserva, principalmente nos estádios jovens. Não foram encontrados canais secretores de mucilagem, como os relatados por Metcalfe & Chalk (1979) para as folhas de *P. crassifolium*.

Também no parênquima foliar surgem elementos de resistência mecânica, as braquiesclereídes ou células pétreas, com paredes celulares espessas e impregnadas por lignina, com pontoações evidentes e, por vezes, ramificadas. Da mesma forma que para *Struthanthus vulgaris* (Venturelli, 1984), nas espécies estudadas não foram observadas células silicificadas (com impregnação de sílica na parede secundária), como relatado para outras espécies. Esclereídes cristalíferas, como as relatadas por Varela & Gurni (1995) para *Ligaria cuneifolia* (Loranthaceae), não foram encontradas neste estudo.

No limbo, as braquiesclereídes ocorrem em pequenos grupos de uma a cinco células e, no parênquima cortical do pecíolo, estas aparecem formando grandes agrupamentos, principalmente nas proximidades das calotas de fibras do polo xilemático. Metcalfe & Chalk (1979) e Varela et al. (2004) também mencionaram a presença desses elementos em espécies de *P. crassifolium* e *P. liga*, respectivamente.

Todas as espécies estudadas apresentaram, nas terminações das nervuras foliares, células esclerificadas que são apontadas por Metcalfe & Chalk (1979) como traqueídes dilatadas. Haberlandt (1914 apud Venturelli, 1984) afirmou que essas traqueídes de maior calibre e formato aproximadamente isodiamétrico são células relacionadas ao armazenamento de água nas folhas. Essas células foram citadas para espécies de Viscaceae por outros autores, tais como Rizzini (1950) e Varela & Gurni (1995).

Os tecidos vasculares, como os relatados para as seis espécies de *Phoradendron* deste estudo, apresentam constituição semelhante aos descritos para as várias famílias de Santalales, entre as quais Viscaceae (Ashworth, 1997; Dettke & Milaneze-Gutierre, 2007; Ferreira et al., 2007; Rizzini, 1950), Loranthaceae (Venturelli, 1984) e Misodendraceae (Carlquist, 1985).

Os aspectos morfológicos são os mais indicados para a distinção de espécies de *Phoradendron*, juntamente com análises do padrão de nervação, sendo os aspectos anatômicos complementares. Por outro lado, características anatômicas, como a presença de um espesso revestimento cutinizado, grande quantidade de braquiesclereídes, idioblastos com cristais e compostos fenólicos podem estar relacionados à proteção dessas espécies, prevenindo contra a herbivoria, ou relacionados à ocupação do dossel, protegendo-as contra a intensa radiação solar. Assim sendo, são necessários estudos acerca dessas variáveis, bem como da relação parasita-hospedeiro e possível influência do hospedeiro na morfologia externa e interna dessas hemiparasitas.

Contudo, este estudo tornou evidente a necessidade de mais informações morfológicas sobre as demais espécies do gênero, visto o pequeno número de espécies analisadas em relação à biodiversidade relatada para o Brasil.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Fábio Amodeo Lânsac-Toha e ao biólogo Dr. Luiz Felipe Machado Velho (Laboratório de Zooplâncton, Nupélia/UEM) pela concessão do fotomicroscópio; e aos professores Dr. Luiz Antonio de Souza e Dr. Ismar Sebastião Moscheta (Departamento de Biologia/UEM) pelas valiosas sugestões.

Referências

Ashworth, V. E. T. M. 1997. Transectional anatomy of leaves and young stems of mistletoe genus *Phoradendron* Nutt. (Viscaceae). Amer. J. Bot. 84: 174.

Ashworth, V. E. T. M. & G. Santos. 1997. Wood anatomy of four californian mistletoe species (*Phoradendron*, Viscaceae). IAWA J. 18: 229-245.

Boeger, M. R. T., C. J. F. Alves de Brito & R. R. B. Negrelle. 1997. Relação entre características morfo-anatômicas foliares e esclerofilia em oito espécies arbóreas de um trecho de floresta pluvial atlântica. Arq. Biol. Tecnol. 40: 493-503.

Calvin, C. L. 1967. The vascular tissues and development of sclerenchyma in the stem of the mistletoe, *Phoradendron flavescens*. Bot. Gaz. 128: 35-59.

Cannon, W. A. 1901. The anatomy of *Phoradendron villosum* Nutt. Bull. Torrey Bot. Club. 28: 374-399.

Carlquist, S. 1985. Wood and stem anatomy of Misodendraceae: systematic and ecological conclusions. Brittonia 37: 58-75.

Cutter, E. G. 1986. Anatomia vegetal. Trad. V. M. C. Catena. 2. ed. v. 1. São Paulo: Roca. 304 p.

Dettke, G. A. & M. A. Milaneze-Gutierre. 2007. Estudo anatômico dos órgãos vegetativos da hemiparasita *Phoradendron mucronatum* (DC.) Krug & Urb. (Viscaceae). Rev. Bras. Bioc. 5: 534-536.

Dettke, G. A. & M. A. Milaneze-Gutierre. 2008a. Anatomia caulinar de espécies epífitas de Cactaceae, subfamília Cactoideae. Hoehnea: 35: 583-595.

Dettke, G. A. & M. A. Milaneze-Gutierre. 2008b. Anatomia vegetativa de *Bromelia antiacantha* Bertol. (Bromeliaceae, Bromelioideae). Balduinia: 13: 1-14.

Ferreira, C. P., Xavier, H. S. & R. M. M. Pimentel. 2007. Estudo morfoanatômico foliar de *Phoradendron mucronatum* (D.C.) Krug. & Urb. Rev. Bras. Bioc. 5: 708-710.

Handro, W. 1964. Contribuição ao estudo da venação e anatomia foliar das Amarantáceas dos cerrados. An. Acad. Bras. Cien. 36: 479-499.

Hauenstein, E., V. Arriagada & M. Latsague. 1990. La epidermis foliar de las Loranthaceae chilenas y su relación con la ecología. Darwiniana 30: 143-153.

Hickey, L. J. 1979. A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves, p. 25-39. *In:* C. R. Metcalfe & L. Chalk (Eds), Anatomy of the dicotyledons. Oxford, Clarendon Press.

Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill, New York.

Juniper, B. E. & C. E. Jeffree. 1983. Plant surfaces. Edward Arnold, London. 93 p.

Kraus, J. E. & M. Arduim. 1997. Manual básico de método em morfologia vegetal. EDUR (Editora Universidade Rural), Rio de Janeiro.

Kuijt, J. 2003. Monograph of Phoradendron (Viscaceae). Syst. Bot. Monogr. 66: 1–643.

Mauseth, J. D. 1988. Plant anatomy. Benjamin/Cummings, Menlo Park, 599 p.

Metcalfe, C. R. & L. Chalk. 1979. Loranthaceae. p.1188-1194. *In:* C. R. Metcalfe & L. Chalk (Eds), Anatomy of the dicotyledons. Oxford, Clarendon Press.

Rizzini, C. T. 1950. Sobre *Phoradendron fragile* Urb. Rev. Bras. Biol. 10: 45-58.

Rizzini, C. T. 1956. Pars specialis prodromi monographiae Loranthacearum Brasiliae terrarumque finitimarum. Rodriguesia 30-31: 87-234.

Rizzini, C. T. 1977. Sistematização terminológica da folha. Rodriguesia 29: 103-125.

Rizzini, C. T. 1978a. El género *Phoradendron* en Venezuela. Rodriguesia 46: 33-125.

Rizzini, C. T. 1978b. Los generos venezolanos y brasileiros de las Lorantaceas. Rodriguesia 46: 27-31.

Sass, J. E. 1951. Botanical microtechnique. The Iowa State College Press, Ames.

Strasburger, E. 1924. Handbook of practical botany. MacMillan Company, New York.

Varela, B. G. & A. A. Gurni. 1995. Anatomía foliar y caulinar comparativa del muérdago criollo y del muérdago europeo. Acta Farm. Bonaer. 14: 21-29.

Varela, B. G., T. Fernández, R. A. Ricco, P. C. Zolezzi, S. Hajos, A. A. Gurni, E. Álvarez & M. L. Wagner. 2004. *Phoradendron liga* (Gill. Ex H. et A.) Eichl. (Viscaceae) used in folk medicine: anatomical, phytochemical, and immunochemical studies. J. Ethnoph. 94: 109-116.

Venturelli, M. 1981. Estudos sobre *Struthanthus vulgaris* Mart.: anatomia do fruto e semente e aspectos de germinação, crescimento e desenvolvimento. Rev. Bras. Bot. 4: 131-147.

Venturelli, M. 1984. Estudos sobre *Struthanthus vulgaris* Mart.: aspectos anatômicos de raiz adventícia, caule e folha. Rev. Bras. Bot. 7: 79-89.

Wilson, C. A. & C. L. Calvin. 2003. Development, taxonomic significance and ecological role of the cuticular epithelium in the Santalales. IAWA J. 24: 129-138.

York, H. H. 1909. The anatomy and some of the biological aspects of the "American mistletoe" (*Phoradendron flavescens* (Pursh). Nutt. Bull. Univ. Texas 120: 5-31.

Recebido em 2/V/2008
Aceito em 16/VII/2010