

Presença de *Glossopteris browniana* Brongniart em níveis do topo do afloramento Quitéria (Formação Rio Bonito), Rio Grande do Sul, Brasil (Permiano Inferior)

Daiana Rockenbach Boardman

Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS
daiana.boardman@gmail.com

Graciela Pereira Tybusch

Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS
gracielatybusch@yahoo.com.br

Roberto Iannuzzi

Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS
roberto.iannuzzi@ufrgs.br

Tânia Lindner Dutra

Programa de Pós-Graduação em Geologia, UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93022-000
tdutra@unisinos.br

Lorelai de Lima

Curso de Geologia, UNISINOS, Av. Unisinos, 950, CEP 93022-000
lorelaigeo@yahoo.com.br

RESUMO

Novas amostras de restos vegetais coletados no topo do afloramento Quitéria, município de Pantano Grande, Rio Grande do Sul, permitiram a identificação pela primeira vez para estes níveis, de *Glossopteris browniana*, estendendo a distribuição estratigráfica deste táxon até a Subzona *Botrychiopsis valida*. Neste trabalho, *G. browniana* é sugerida como restrita aos níveis da Formação Rio Bonito, cuja idade foi recentemente estabelecida como correspondendo ao intervalo Sakmariano - Artinskiano precoce, e como um táxon guia para as fitozonas mais superiores desta unidade para o Rio Grande do Sul. A identificação desta espécie vem corroborar o detalhamento do arcabouço fitoestratigráfico local e ampliar o conhecimento sobre a taoflora do afloramento Quitéria. A presença de folhas em conexão com o ramo permitiu avaliar seu polimorfismo, já mencionado por autores prévios. Estas distintas fisionomias apontam o padrão de venação como o principal caráter diagnóstico a ser considerado na identificação de *G. browniana*.

Palavras-chave: *Glossopteris browniana*, Permiano Inferior, afloramento Quitéria, Formação Rio Bonito, bacia do Paraná, Brasil.

ABSTRACT

OCCURRENCE OF *GLOSSOPTERIS BROWNIANA* BRONGNIART IN THE UPPER LEVELS OF QUITÉRIA OUTCROP (RIO BONITO FORMATION, PARANÁ BASIN), RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL (LOWER PERMIAN). New paleobotanic material recovered in the Rio Grande do Sul State, southernmost Brazil, allowed the identification of *Glossopteris browniana* Brongniart for the first time in the upper levels of Quitéria outcrop. In this way, the stratigraphic range of this species is extended up to the Subzona *Botrychiopsis valida*. *G. browniana* is here considered to be restricted to the upper levels of Rio Bonito Formation, recently considered as being deposited in a Sakmarian - late Artinskian interval, and a guide-species of the uppermost plant zones from Rio Grande do Sul State and southern areas of Paraná Basin. The identification of this species improves upon the regional plant stratigraphic framework, as well as the knowledge about Quitéria outcrop taphoflora. The presence of a shoot with attached leaves indicates a leaf polymorphism to the species, also previously mentioned by several authors. Their distinct leaf physiognomy confirms that the venation pattern is the more diagnostic feature in the identification of *G. browniana*.

Key words: *Glossopteris browniana*, Lower Permian, Quitéria Outcrop, Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil.

INTRODUÇÃO

As glossopterídeas constituem o principal elemento da “Flora de *Glossopteris*”, fazendo de suas folhas e frutificações importantes elementos para o estabele-

cimento do arcabouço bioestratigráfico das seções permianas nas bacias gondiânicas.

Na bacia do Paraná, destacam-se três morfogêneros de folhas de glossopterídeas, *Rubidgea*, *Gangamopteris* e *Glossop-*

teris, contendo várias espécies de ampla distribuição geográfica. Pouca ênfase, contudo, tem sido dada para seu uso como indicadores de idade. Isto se deve, em parte, à ausência de esquemas bioestratigráficos mais refinados para a bacia

como um todo, especialmente aqueles que utilizem as megafloras e cujo foco sejam as unidades do Permiano Inferior.

Um fitozoneamento formal foi proposto por Guerra-Sommer e Cazzulo-Klepzig (1993) para o Estado do Rio Grande do Sul, a partir de megafloras com esta idade. Nesta concepção, duas zonas foram sugeridas, uma mais antiga, *Botrychiopsis plantiana*, e outra mais jovem, *Glossopteris/Rhodopteridium*. A Zona de *Botrychiopsis plantiana* subdivide-se em duas subzonas, a Subzona *Glossopteris obovata* e a Subzona *Phyllotheba indica*. *Gangamopteris buriadica*, *Rubidgea lanceolata*, *Glossopteris indica*, *G. occidentalis*, *G. mosesii*, *G. intemittens* e *G. browniana* foram considerados elementos guia para idade, sendo a última espécie característica da Zona de *Glossopteris-Rhodopteridium* (Guerra-Sommer e Cazzulo-Klepzig, 1993).

Um maior número de coletas realizado nos últimos anos forneceu novos elementos e permitiu a identificação de novos níveis, levando a uma re-avaliação deste zoneamento, especialmente no que diz respeito à distribuição estratigráfica e aos táxons-guia (Iannuzzi *et al.*, 2003a, 2003b, Jasper *et al.*, 2003, 2005). Neste contexto, as camadas com fósseis de plantas do topo

do afloramento Quitéria revelaram uma taoflora extremamente diferenciada, que levou Jasper *et al.* (2003) a estabelecer uma nova subzona, a de *Botrychiopsis valida*.

O material descrito neste trabalho provém deste nível fossilífero e representa uma ocorrência inédita para este intervalo, considerado o de topo para as fitofloras conhecidas para o Permiano no Rio Grande do Sul. Além disto, tem ainda como objetivos contribuir para o estabelecimento de critérios mais precisos para a inserção taxonômica de *Glossopteris browniana* e para o mapeamento da distribuição desse táxon no Gondwana.

MATERIAL E MÉTODOS

Os espécimes de plantas fósseis analisados provém do afloramento de Quitéria, uma antiga pedreira localizada no município de Pantano Grande, Rio Grande do Sul (UTM 0387516 E -6643183 N), a, aproximadamente, 130 km de Porto Alegre, pela BR 290. Cerca de 8 km depois da entrada do município de Minas do Leão, toma-se uma estrada vicinal à esquerda, percorrendo 24 km até a secção aflorante (Figura 1).

As amostras são provenientes de um intervalo granodecrescente no terço su-

perior do afloramento, iniciada por paraconglomerados que gradativamente dão lugar a arenitos finos, siltitos e argilitos, de cores cinza-amareladas (Figura 2).

Foram analisadas quatro amostras contendo doze exemplares de folhas, preservadas como impressões, algumas compostas por partes e contra-partes. Dentre elas, sete estão conectadas a um ramo e cinco são formas isoladas.

O método de estudo foi o padrão em paleobotânica para a análise de impressões/compressões, incluindo observação em microscópio estereoscópico, medições a partir de paquímetro, confecção de ilustrações com auxílio de câmara clara e registro fotográfico dos exemplares. Para a descrição e comparação dos espécimes, foram definidas características morfológicas como sugeridas por Chandra e Surange (1979), que incluem a forma do limbo e o tipo de ápice e base foliar e o padrão de venação.

Para a obtenção dos dados referentes à densidade de venação, ângulo de emergência e divergência das veias secundárias e largura máxima da venação mediana, foram utilizados os critérios e as técnicas descritas em Rohn *et al.* (1984). Para a determinação do tipo de venação mediana segundo sua largura,



Figura 1. Mapa de localização do afloramento Quitéria (modificado da Folha Quitéria, SH.22-Y-B-I-4; MI-2985/4).

Figure 1. Location map of the Quitéria Outcrop (modified from the Quitéria topographic sheet, SH.22-Y-B-I-4; MI-2985/4).

se utilizou a terminologia “muito larga”, para valores maiores que 5 mm, “média” para valores entre 4 e 3 mm, e “fina”, para valores menores que 2 mm. Essas classes serviram para visualizar o efeito do estreitamento da venação mediana em relação à largura da lâmina foliar.

Para estimar o tamanho aproximado da lâmina foliar mesmo em espécimes incompletos, foram utilizadas as sete classes de tamanho propostas por Wing *et al.* (1999), denominadas em ordem crescente de tamanho como, leptofilicas, nanofilicas, microfílicas, notofilicas, mesofilicas, macrofilicas e megafilicas. Seu emprego visa apenas poder contar com um parâmetro descritivo, já que originalmente foram estabelecidas para o trabalho com angiospermas.

A sistemática supragenérica utilizada segue Stewart e Rothwell (1993).

O material paleobotânico analisado foi coletado durante trabalhos de campo dos cursos de Geologia e Biologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS e encontra-se depositado no Museu de Paleontologia do Laboratório de História da Vida e da Terra (LaViGæa) da referida universidade, onde está catalogado sob a sigla UMVT.

CONTEXTO GEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO

O afloramento Quitéria expõe sedimentos de idade eopermiana que foram incluídos na Formação Rio Bonito (Superseqüência Gondwana I de Milani *et al.*, 1998). Embora em outras partes da bacia esta unidade englobe três membros, segundo Schneider *et al.*

(1974), seria indivisa no Rio Grande do Sul.

Muitos autores realizaram trabalhos de cunho geológico e paleontológico na área de ocorrência deste afloramento. O mapeamento inicial foi realizado por Fernandes *et al.* (1989) e seguido de estudos complementares de geologia sedimentar, paleontologia e bioestratigrafia (Guerra-Sommer, 1989; Piccoli *et al.*, 1991; Guerra-Sommer e Cazzulo-Klepzig, 1993; Guerra-Sommer *et al.*, 1995; Jasper e Guerra-Sommer, 1998, 1999; Jasper *et al.*, 2003, 2005; Jasper, 2004).

As fácies expostas nos 8 m de empilhamento observado no afloramento de Quitéria indicam um contexto deltaico, subdividido em duas sucessões distintas (Piccoli *et al.*, 1991). A base é composta por camadas cíclicas de pelitos carbonosos e carvão, associados com paraconglomerados, siltitos e arenitos finos amarelados (litofácies VI de Piccoli *et al.*, 1991), interpretados como tendo sido gerados em planície aluviais, cujas áreas baixas patrocinaram a instalação de ambientes palustres e a formação de turfeiras (Figura 2). A esta sucessão basal foram igualmente correlacionadas quatro biofácies (D–G), com distintas associações de mega e microflora. A Biofácies D, identificada nos siltitos escuros subjacentes à camada de carvão, é dominada por folhas de glossopterídeas (*Glossopteris*, *Gangamopteris*, *Rubidgea*), com raras *Cordaites*, restos de esfenófitas e *Botrychiopsis plantiana*. A Biofácies E, sobrejacente à camada de carvão, apresenta uma densa associação de compressões de folhas e frutificações, onde predominam as glossopterídeas, seguidas por ramos de articuladas, estéréis (*Phyllothea*) ou férteis (*Gondwanostachys*). Esta biofácies foi subdividida em E1 e E2, baseada nas diferentes associações palinológicas. Em E1, na lapa da camada de carvão, encontra-se a uma rica associação de esporos triletes e alguns grãos de pólen e, em E2, na capa da camada de carvão, embora com microflora, há uma maior proporção de polens de Gymnospermae e faltam

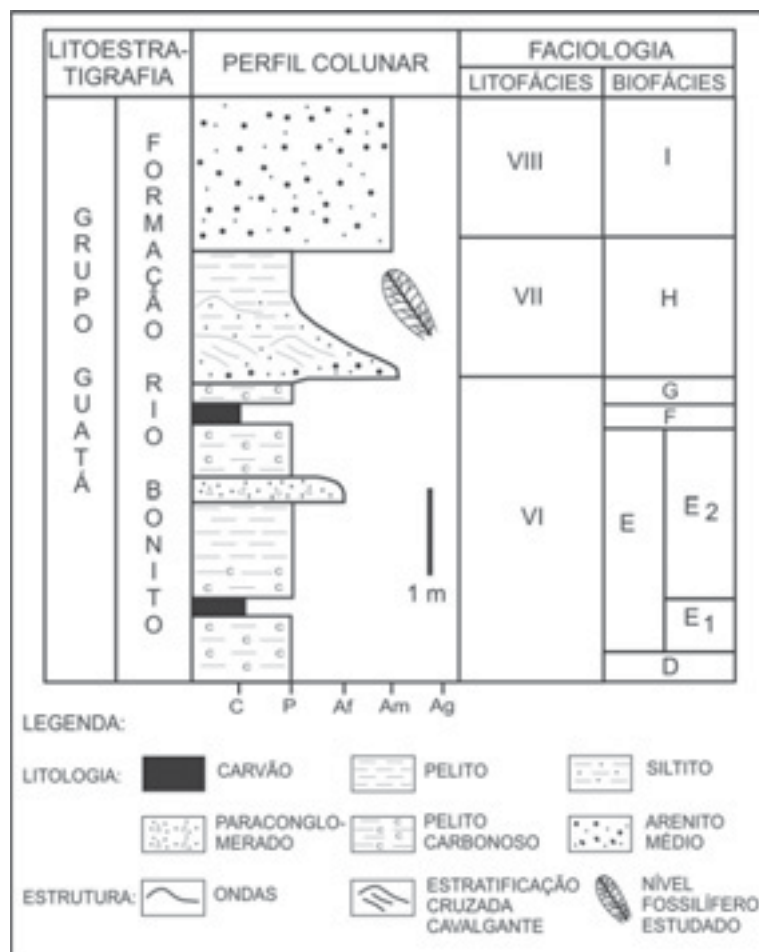


Figura 2. Perfil do afloramento Quitéria (lito e bioestratigrafia modificada de Piccoli *et al.*, 1991).

Figure 2. Geological section of the Quitéria Outcrop (litho and biostratigraphy modified from Piccoli *et al.*, 1991).

os esporos de Lycophyta. A Biofácies F, correspondente a uma fina camada de carvão superior onde a microflora é constituída predominantemente por esporos triletes (Pteridophyta). Finalmente, a Biofácies G, contida nos pelitos carbonosos sobrepostos ao nível carbonoso, compõe-se de esporos de Pteridophyta e uma menor proporção de grãos de pólen de Gymnospermae.

Guerra-Sommer *et al.* (1995), ao descreverem *Gondwanostachys australis*, uma equisetopsida arbustiva com estruturas reprodutivas em conexão orgânica, estabeleceram uma relação entre a mega e microflora para estes níveis basais do afloramento. Segundo as autoras, as glossopterídeas citadas por Piccoli *et al.* (1991), estão relacionadas a *Glossopteris indica* e *G. browniana*, e as equisetopsida aparecem como o segundo grupo em abundância. Na análise da microflora, destacaram como elementos importantes os esporos triletes, juntamente com os polens Monosaccites e Striatiti. Cutículas vegetais e traqueídeos também foram relatadas.

Na parte superior da secção, ocorre uma sucessão granodecrescente, iniciada com arenitos grossos e médios, seguidos de arenitos finos e com intercalações de siltitos e arenitos finos, na parte superior (Figura 2). Os siltitos, de coloração cinza-amarelada, apresentam laminação plano-paralela e estratificação cruzada cavalgante, com níveis de pelitos intercalados, incluídos na litofácies VII (Piccoli *et al.*, 1991). Indicaríamos a ação de processos fluviais em uma planície deltáica. Segundo os autores, neste intervalo ocorre exclusivamente a Biofácies H, associada aos siltitos e pelitos. Esta é formada por uma densa associação de moldes *in situ* de bases caulinares de licófitas arborescentes, incluindo também compressões de frondes (*Rhodea* sp.), estruturas reprodutivas, impressões de folhas de glossopterídeas e raros ramos de coníferas do tipo *Buriardia*. Piccoli *et al.* (1991), adicionalmente, observaram a presença de um horizonte de paleossolo

com pequenas raízes que marcaria o final da sucessão fossilífera. Estudos posteriores dedicaram-se principalmente à classificação sistemática dos fitofósseis da biofácies H (Jasper e Guerra-Sommer, 1998; Jasper, 2004; Jasper *et al.*, 2003, 2005).

Em um estudo bioestratigráfico das seqüências gonduânicas do Rio Grande do Sul, Guerra-Sommer e Cazzulo-Klepzig (1993) posicionaram a parte inferior do afloramento de Quitéria na Subzona *Phyllothea indica* e sua parte superior na Zona *Glossopteris-Rhodeopteridium*, identificando as bases de licófitas como *Brasilodendron pedroanum* e as frondes como *Rhodeopteridium* sp. Posteriormente, Guerra-Sommer *et al.* (1995), em uma análise sobre as implicações paleoclimáticas da presença de Lycophyta nos depósitos do Gondwana do sul do Brasil,

citam a presença adicional de folhas de *Cordaite*s e *Glossopteris* para este nível mais altos do afloramento.

Jasper *et al.* (2003) identificaram, junto às bases caulinares das licófitas, a ocorrência de fragmentos esparsos de glossopterídeas (*Rubidgea* sp. e *Glossopteris* sp.), que levaram à proposição de uma nova subzona, denominada *Botrychiopsis valida*, onde as licófitas seriam as formas dominantes. Outros elementos, como glossopterídeas e *Cordaite*s, ocorreriam em menor proporção e deviam representar as formas que cresciam em áreas um pouco mais afastadas do sítio deposicional e em áreas periféricas à comunidade. Frondes de *Rhodeopteridium* e *Botrychiopsis valida* são raras, bem como as licófitas herbáceas (*Lycopodites*) e as coníferas, representadas pelos ramos férteis de *Coricladus quiteriensis*. A Tabela 1 fornece uma lista dos táxons identificados na assembléia desta Subzona.

Tabela 1. Lista de táxons presentes no nível fitofossilífero mais superior do afloramento Quitéria.
Table 1. Plant taxa occurrence from the uppermost fossil bed at the Quitéria Outcrop.

<i>Rhodea</i> sp.	Piccoli <i>et al.</i> , 1991 Guerra-Sommer <i>et al.</i> , 1995
<i>Buriardia</i> sp.	Piccoli <i>et al.</i> , 1991 Jasper <i>et al.</i> , 2003
<i>Brasilodendron pedroanum</i>	Guerra-Sommer <i>et al.</i> , 1995/ Jasper <i>et al.</i> , 2003/ Jasper, 2004
<i>Brasilodendron</i> sp.	Jasper e Guerra-Sommer, 1999
<i>Botrychiopsis</i> sp.	Jasper e Guerra-Sommer, 1999
<i>Rubidgea</i> sp.	Jasper e Guerra-Sommer, 1999/ Jasper <i>et al.</i> , 2003/ Jasper, 2004
<i>Cordaite</i> s sp.	Jasper <i>et al.</i> , 2003/ Jasper <i>et al.</i> , 2005/ Jasper, 2004
<i>Glossopteris</i> sp.	Jasper <i>et al.</i> , 2003
<i>Gangamopteris</i> sp.	Jasper <i>et al.</i> , 2003
<i>Ferrugliocladius?</i>	Jasper <i>et al.</i> , 2003
<i>Botrychiopsis valida</i>	Jasper <i>et al.</i> , 2003/ Jasper <i>et al.</i> , 2005/ Jasper, 2004
<i>Lycopodites</i> sp.	Jasper, 2004
<i>Rhodeopteridium</i> sp.	Jasper <i>et al.</i> , 2005
<i>Coricladus quiteriensis</i>	Jasper <i>et al.</i> , 2005/ Jasper, 2004
<i>Glossopteris browniana</i>	Este trabalho/this work

PALEONTOLOGIA SISTEMÁTICA

Classe GYMNOSPERMOPSIDA

Ordem GLOSSOPTERIDALES

Gênero *Glossopteris* Brongniart 1828**Espécie-tipo.** *Glossopteris browniana* Brongniart 1828*Glossopteris browniana* Brongniart**Material estudado.** UMT 406; 5166a A; 5166b B; 5175ab A-G; 5181ab; 5555.

Descrição. O material é composto por um fragmento de ramo (UMVT 5175ab, Figura 3A), ao qual estão conectadas sete folhas simples, micrófilas a nanófilas, formando, aparentemente, uma “roseta”. Deste conjunto de folhas, duas estão quase inteiras, faltando apenas a parte distal da região apical e a porção mais basal (UMVT 5175ab C e D). As restantes são representadas somente pela porção mediana ou por fragmentos menores (UMVT 5175ab A, B, E, F e G, Figura 3A). A forma do limbo varia de oblanceolada a estreitamente obovada, o ápice é aparentemente agudo e as bases agudas cuneadas (UMVT 5175ab C e D, Figura 3A). O comprimento atinge valores superiores a 42,9 mm, enquanto a largura foliar, valores superiores a 8,7 mm e a 16,2 mm. A venação mediana é fina, acanalada, variando de 0,8 mm a 2 mm de largura nas porções médias das folhas, e formada por poucos feixes de veias paralelas (2 a 4), mais ou menos persistentes até o ápice (Figura 3A-F). No espécime UMT 5175ab D, a venação mediana mostra-se mais nítida, porém lisa e sem feixes aparentes, preservada de modo saliente e abaulado, indicando se tratar provavelmente da superfície abaxial da folha. As veias secundárias derivam da venação mediana com ângulos em torno de 26° a 48°, e curvam-se gradativamente em direção à margem foliar, com ângulos que variam de 60° a 77°. A densidade de venação ao longo da lâmina foliar varia de 26 a 28 veias/cm, na porção mediana, e de 30 a 36 veias/cm, quando próximo à margem. O padrão da venação secundária não é muito evidente, sendo mais bem visualizado no espécime UMT 5175b E (Figura 3B-C). Neste, na região proximal

à venação mediana, os retículos são poucos, alongados e poligonais, enquanto na região entre a venação mediana e a margem, são bastante alongados, largos e com formatos que variam de trapezoides, poligonais a oblongos. Próximo às margens laterais, a venação torna-se densa e as veias se bifurcam muitas vezes.

O restante do material compõe-se de cinco folhas simples, nanófilas, isoladas, algumas praticamente inteiras, em geral com ápices foliares preservados e bases ausentes. A forma do limbo é estreitamente oblonga (UMVT 5181ab, Figura 3E-F) e os ápices variam de agudos a levemente retusos (UMVT 5166a A, UMT 5555 e UMT 5181ab, Figura 3D-F). A única base preservada (UMVT 5166b, Figura 3G) possui forma cuneada. O comprimento das folhas varia entre mais de 11,9 mm (UMVT 5166b B, Figura 3G) e 30,7 mm (UMVT 5181ab), e a largura apresenta desde valores superiores a 6,6 mm (UMVT 5166a A), até maiores que 11,3 mm (UMVT 406). A venação mediana é fina, acanalada, variando de 1 mm a 1,4 mm de largura nas porções médias das folhas, formada por poucos feixes de veias paralelas (2 a 5), mais ou menos constantes e persistentes até o ápice. O espécime UMT 5181ab mostra um caráter similar ao já visto para as folhas conectadas, com a venação mediana lisa e preservada de modo saliente e abaulado, sugerindo mais uma vez a possível preservação da superfície abaxial (Figura 3E-F). As veias secundárias derivam da venação mediana com ângulos em torno de 30° a 44°, e se curvam gradualmente em direção à margem foliar, atingindo-a com ângulos que variam de 60° a 64°. A densidade de venação ao longo da lâmina foliar, varia de 26 a 30 veias/cm, na porção mediana, e 34 veias/cm, nas proximidades da margem. Em nenhum dos espécimes foi possível observar os retículos formados pela venação secundária.

Discussão. Os restos de folhas estudados compartilham a forma do limbo com *Glossopteris angustifolia* Brongniart, *G. varia* Pant e Gupta, *G. zeilleri* Pant e Gupta, *G. tenuinervis* Pant e Gupta, descritas em Chandra e Surange (1979) e Chandra e

Singh (1992), com *G. browniana* Brongniart (Brongniart, 1828; White, 1908; Rigby, 1966; Oliveira, 1975; McLoughlin, 1994a). Diferem, contudo, de *G. varia*, *G. zeilleri* e *G. tenuinervis*, pelos ângulos menos agudos de emergência das veias secundárias, pela venação mediana mais estreita e acanalada, formada por poucos feixes de veias paralelas que persistem até o ápice e, principalmente, pelo tipo de malha da venação secundária, com retículos de formato que variam entre oblongos, trapezoidais a poligonais. Com *G. angustifolia* compartilham o tipo de malha, com retículos alongados e relativamente largos, a forma dos retículos, e a presença de bifurcações das venações secundárias próximo à margem foliar. Contudo, se distinguem ao apresentar ápice agudo ou levemente retuso, ângulos de emergência das veias secundárias menos agudos e venação mediana relativamente estreita, acanalada, formada por poucos feixes de veias paralelas persistente até o ápice.

Entre as formas vistas acima, o maior número de caracteres em comum coincide com aqueles presentes em *G. browniana*. Estes são: (i) a dimensão da folha, coincidente com os das formas descritas por White (1908), Plumstead (1962), Oliveira (1975) e McLoughlin (1994a), (ii) a venação mediana relativamente estreita, acanalada, formada por poucos feixes de veias paralelas persistente até o ápice (Brongniart, 1828; Archangelsky, 1957; Oliveira, 1975; Kovács-Endrödy, 1976; McLoughlin, 1994a), (iii) os ângulos agudos de emergência das veias secundárias (Arber, 1905; Archangelsky, 1957; Oliveira, 1975; Kovács-Endrödy, 1976), e (iv) o tipo de malha, formado por retículos alongados, relativamente largos e com formas variáveis, oblongos e trapezoidais a poligonais, com bifurcações das veias secundárias alcançando a área marginal da folha (Brongniart, 1828; Arber, 1905; White, 1908; Archangelsky, 1957; Oliveira, 1975; Kovács-Endrödy, 1976; McLoughlin, 1994a). Levando-se em consideração o exposto, os espécimes aqui estudados são classificados como *Glossopteris browniana* Brongniart.

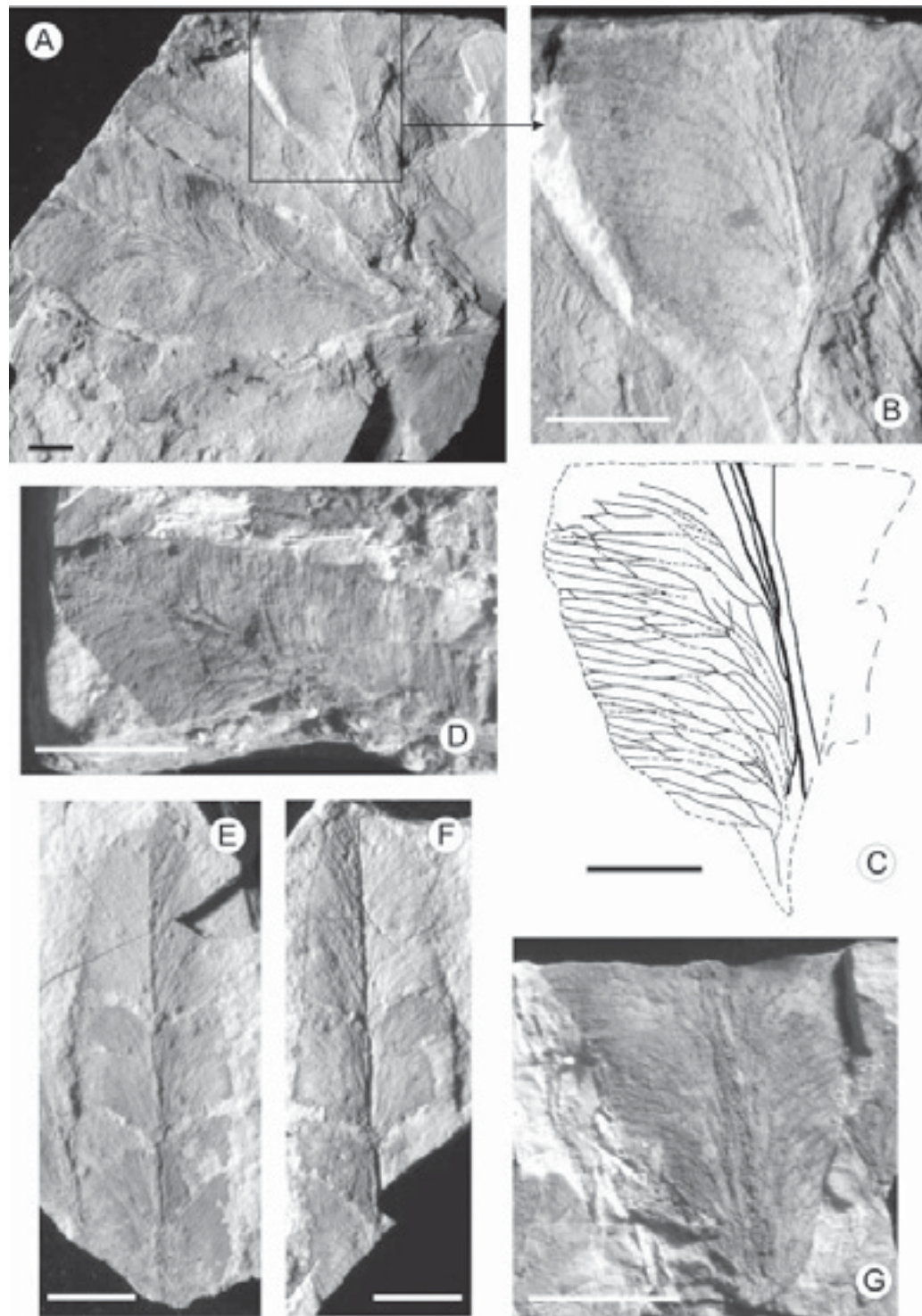


Figura 3. *Glossopteris browniana* Brongniart. A. UMVT 5175b, ramo com sete folhas conectadas, aparentemente, em forma de roseta; B. UMVT 5175b E, detalhe da venação; C. Desenho da venação do mesmo exemplar ilustrado em B; D. UMVT 5166a, região apical de uma folha; E-F. UMVT 5181ab, limbo foliar oblanceolado a obovado e o feixe mediano de veias em calha; G. UMVT 5166b, detalhe da região basal. Escala: 5 mm.

Figure 3. *Glossopteris browniana* Brongniart. A. UMVT 5175b A-G, 7 leaves-bearing shoot in apparent crown-shaped arrangement; B. UMVT 5175b E, leaf venation; C. Drawing of venation pattern based on the leaf specimen illustrated in B; D. UMVT 5166a, leaf apex; E-F. UMVT 5181ab, obovate to oblanceolate-shaped leaf with midrib veins preserved in a groove; G. UMVT 5166b, leaf base. Scale bar: 5 mm.

Deve-se salientar, contudo, o caráter amplamente variado da morfologia, do tamanho e do tipo de ápice e base das folhas de *G. browniana* descritas na literatura (Brongniart, 1828; Arber, 1905; White, 1908; Archangelsky, 1957; Plumstead, 1962; Oliveira, 1975; Kovács-Endrődy, 1976; McLoughlin, 1994a), que fez abrigar nesta espécie formas de ampla distribuição geográfica. Para o Gondwana, esta morfoespécie foi atribuída a seções do sul da América do Sul (Archangelsky *et al.*, 1996), África (Anderson e Anderson, 1985), Índia (Srivastava e Teware, 1996), Austrália (McLoughlin, 1994a, 1994b) e Antártica (Plumstead, 1962).

Os espécimes aqui preservados são úteis para o estabelecimento desta distribuição e para sua melhor inserção taxonômica, já que conta com folhas que ainda mantêm a conexão orgânica. Em geral, as formas isoladas dominam no registro fóssil, mas este tipo de preservação já foi registrado previamente em *Glossopteris browniana* (Seward, 1910), *G. angustifolia* (Yoshida, 1966), *G. sastrii* (Pant, 1977; Chandra e Surange, 1979), *G. plumata* (McLoughlin, 1994b), *G. skaarensis*, *G. schopfii* (Pigg e Taylor, 1993) e *G. papilosa* (Guerra-Sommer, 1995). É importante salientar que, para *G. browniana* no Brasil, os únicos outros registros de folhas com conexão orgânica se referem a áreas do sul da bacia do Paraná (Dolianiti 1954, 1956). Pant (1977) e Pant e Singh, (1974) ainda comentam mais algumas ocorrências, sem identificar as espécies.

Porém, o que parece ainda mais significativo no exame destas formas na literatura e no exemplar com conexões orgânicas aqui descrito, é o fato de confirmar o polimorfismo das folhas como um caráter comum para o gênero e, especificamente, para *Glossopteris browniana*. Esta constatação permite concluir que as propostas de afinidade, principalmente com base em seu padrão de venação, como sugeriram a maioria dos autores, não apenas são as mais fidedignas, como se revestem de uma base botânica. A forma e o tamanho foliar devem ser igualmente avaliados, mas apenas para

servir como suporte para aquelas formas que apresentam um padrão de venação muito similar, como é o caso de *G. indica* e *G. communis* (Chandra e Surange, 1979), o que demonstra que, mesmo assumindo-se a utilidade do padrão de veias, uma certa subjetividade permanece.

DISCUSSÃO

A identificação de *G. browniana* em níveis de topo do afloramento de Quitéria implica em uma revisão dos elementos apontados como significativos para o biozoneamento das floras mais superiores da sucessão eopermiana.

Para a nova interpretação das biofácies e sua idade, além dos fósseis aqui descritos, foram úteis os novos dados de idade absoluta, recentemente obtidos para a unidade sobrejacente, a Formação Irati ($278,4 \pm 2,2$ Ma, segundo Santos *et al.*, 2006), que sugerem idades mais antigas, entre o Sakmario e Artinskiano precoce, para o topo da Formação Rio Bonito.

Contudo, a distribuição cronoestratigráfica de *G. browniana* parece contribuir apenas em caráter local, já que tem sido encontrada dispersa em diferentes unidades do Gondwana, com idades igualmente variáveis, desde o Eo- até o Neopermiano (Plumstead, 1962; Anderson e Anderson, 1985; McLoughlin, 1994a; Archangelsky *et al.*, 1996; Srivastava e Teware, 1996). Na bacia do Paraná, porém, é restrita até o momento, aos níveis da Formação Rio Bonito (Dolianiti, 1954; Dolianiti, 1956; Oliveira, 1980; Guerra-Sommer e Cazzulo-Klepzig, 1993), de idade Eopermiana, exceção feita a um único registro na Formação Teresina (Estrada Nova, de Oliveira, 1980), de idade Roadiano (Santos *et al.*, 2006).

Dados palinológicos de Jasper (2004), demonstram que o afloramento Quitéria registra associações correspondentes à Subzona *Hamiapollenites karroensis*, da Zona *Vittatina costabilis* de Souza e Marques-Toigo (2005). Esta subzona distribui-se em um intervalo restrito ao topo da Formação Rio Bonito (Santos *et al.*, 2006). Assim sendo, para o Estado

do Rio Grande do Sul e áreas do sul da bacia do Paraná, onde a espécie é mais comumente registrada, a presença de *G. browniana* pode ser, pelo menos inicialmente, correlacionada aos níveis correspondentes a Subzona *Hamiapollenites karroensis*.

CONCLUSÕES

O presente estudo aponta a presença de *Glossopteris browniana* em níveis do topo do afloramento Quitéria, forma antes considerada restrita aos níveis basais desta seção e estende a distribuição deste táxon. A nova ocorrência permite indicar a equivalência temporal entre a Zona de *Glossopteris/Rhodopteridium* e a Subzona de *Botrychiopsis valida*, ambas consideradas como representativas do intervalo Artinskiano-Kunguriano pelos autores prévios.

Os novos dados palinológicos e de idade absoluta para a bacia do Paraná sugerem mais propriamente o Sakmario - Artinskiano como o momento da deposição da Formação Rio Bonito. Embora a presença de *G. browniana*, com distribuição temporal ampla no Gondwana, não possa contribuir para precisar estas idades, sua mais significativa ocorrência para áreas ao sul da bacia do Paraná concentra-se nesta unidade litoestratigráfica.

O achado de fósseis de *Glossopteris browniana* em uma nova exposição e em níveis indicativos das fitozonas mais superiores do Permiano para o Rio Grande do Sul, amplia o documentário e fornece mais elementos às discussões de idade e para a cronocorrelação. Sua provável correlação com a Subzona *Hamiapollenites karroensis* é mais um elemento para as futuras discussões de idade destes intervalos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Luiz Flávio Lopes pelo trabalho fotográfico. Este trabalho é uma contribuição do Centro de Investigação do Gondwana (CIGO) aos projetos IGCP471, CNPq (474153/2004-5) e FAPERGS (PROAPP-04/1066.0), tendo

sido parcialmente suportado pelo CNPq na forma de bolsas e auxílios (processos 130053/2005-8, PQ304655/2004-0 e 306717/2003-4).

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.M. e ANDERSON, H.M. 1985. *Paleoflora of Southern Africa. Prodromus of South African Megaflores, Devonian to lower Cretaceous*. Rotterdam, A.A. Balkema, 423 p.
- ARBER, E.A.N. 1905. *Catalogue of the plants of the Glossopteris flora in the department of Geology British Museum (Natural History)*. Cambridge, Cambridge University Press, 255 p.
- ARCHANGELSKY, S. 1957. Las Glossopterides del Bajo de la Leona. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **12**(3):135-164.
- ARCHANGELSKY, S.; GONZÁLEZ, C.R.; CÚNEO, N.R.; SABATTINI, N.; CÉSARI, S.N.; ACEÑOLAZA, F.G.; GARCIA, G.B.; BUATOIS, L.A.; OTTONE, E.; MAZZONI, A.F.; HÜNICKEN, M.A. e GUTIÉRREZ, P.R. (eds.), 1996. *El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay*. Córdoba, Academia Nacional de Ciencias, 417 p., lam. I-V.
- BRONGNIART, A. 1828. *Histoire des végétaux fossiles ou recherches botaniques et géologiques sur les végétaux renfermés dans les diverses couches du globe*. V. 2, Paris, G. Dufour & Ed. d'Ocagne, 223 p.
- CHANDRA, S e SURANGE, K.R. 1979. *Revision of the Indian species of Glossopteris*. Lucknow, Birbal Sahni Institute of Palaeobotany, Monograph, 2.301 p.
- CHANDRA, S. e SINGH, K.J. 1992. The genus *Glossopteris* from the Late Permian beds of Handapa, Orissa, Índia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **75**:183-218.
- DOLIANITI, E. 1954. A flora do Gondwana Inferior em Santa Catarina. IV. O gênero *Vertebraria*. *Notas Preliminares e Estudos DNP*, Rio de Janeiro, **81**:1-6.
- DOLIANITI, E. 1956. Um verticilo de *Glossopteris* no Gondwana no Estado de Santa Catarina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **1**(28):114-118.
- FERNANDES, L.A.D.; TOMMASI, A.; PORCHER, C.C.; MARQUES-TOIGO, M.; GUERRA-SOMMER, M. e PICCOLI, A.E.M. 1989. *Mapa geológico de parte das folhas de Quitéria e de Várzea do Capivarita, RS*. Porto Alegre, Instituto de Geociências/UFRGS, Série Mapas, 14.
- GUERRA-SOMMER, M. 1989. Megaflores ocorrentes em horizontes associados a carvão no Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, **29**(2):93-122.
- GUERRA-SOMMER, M. 1995. As paleoflores das camadas associadas a carvões no Rio Grande do Sul. *Ciência e Ambiente*, **10**:63-77.
- GUERRA-SOMMER, M. e CAZZULO-KLEPZIG, M. 1993. Bioestigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence: a preliminary paleobotanical approach. In: CONGRÉS INTERNATIONAL DE LA STRATIGRAPHIE ET GEOLOGIE DU CARBONIFERE ET PERMIAN, 12, *Comptes Rendus XII, ICCP*, Buenos Aires, 2:61-72.
- GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. e MARQUES-TOIGO, M. 1995. Paleoclimatic implications of Lycophyta in the Gondwana of Southern Brazil. *Pesquisas*, **22**(1-2):21-31.
- IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, M.S.C.; CARAVACA, G.; VIEIRA, E.L.C. e PEREIRA, L.S. 2003a. Phytobiostatigraphical reevaluation of the Southern Brazilian Gondwana sequence (Paraná Basin, Lower Permian). In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN STRATIGRAPHY, 15, Utrecht, Universiteit Utrecht, *Extended Abstracts*, p. 240-242.
- IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G.; VIEIRA, C.E.L. e PEREIRA, L.S. 2003b. Reavaliação da bioestratigrafia da sequência gondwânica sul-riograndense: estudo de caso do afloramento Morro do Papaleo (bacia do Paraná, Permiano Inferior). In: ENCONTRO SOBRE ESTRATIGRAFIA DO RIO GRANDE DO SUL: ESCUDOS E BACIAS, 1, Porto Alegre, UFRGS, *Anais*, p. 182-185.
- JASPER, A. 2004. *O modelo deposicional do afloramento Quitéria e a evolução dos biomas úmidos no Permiano Inferior do sul da bacia do Paraná*. Porto Alegre, RS. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 248 p.
- JASPER, A. e GUERRA-SOMMER, M. 1998. Licófitas cormofíticas arborescentes do afloramento Quitéria – Formação Rio Bonito (bacia do Paraná), RS. *Pesquisas*, **25**:43-60.
- JASPER, A. e GUERRA-SOMMER, M. 1999. Licófitas arborescentes *in situ* como elementos importantes na definição de modelos deposicionais (Formação Rio Bonito – bacia do Paraná – Brasil). *Pesquisas*, **26**:49-58.
- JASPER, A.; GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. e MENEGAT, R. 2003. The *Botrychiopsis* genus and its chronostratigraphic implication in Southern Paraná Basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **75**:513-535.
- JASPER, A.; RICARDI-BRANCO, F. e GUERRA-SOMMER, M. 2005. *Cori cladus qui-teriensis* gen. et sp. nov., a new conifer in Southern-Brazil Gondwana (Lower Permian, Paraná Basin). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **77**:157-168.
- KOVÁCS-ENDRÖDY, É. 1976. Notes on some *Glossopteris* species from Hammanskraal (Transvaal). *Palaeontologia Africana*, **19**:67-95.
- McLOUGHLIN, S. 1994a. Late Permian plant megafossils from the Bowen Basin, Queensland, Australia: Part II. *Paleontographica Abt. B.*, **231**(1-6):1-29.
- McLOUGHLIN, S. 1994b. Late Permian plant megafossils from the Bowen Basin, Queensland, Australia: Part III. *Paleontographica Abt. B.*, **231**(1-6): 31-62.
- MILANI, E.J.; FACCINI, U.F.; SCHERER, C.M.; ARAÚJO, L.M. e CUPERTINO, L.A. 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), southern Brazil. *Boletim do Instituto de Geociências/USP*, **29**:125-173.
- OLIVEIRA, M.E.C.B. 1975. Taphoflora of Karroo in the Zambezi Basin (Tete Region, Mozambique). *Boletim do Instituto de Geociências da USP*, **6**:33-53.
- OLIVEIRA, M.E.C.B. 1980. Tafoflora Eogondwânica da Formação Rio Bonito (“Camada Irapuá”), Bacia do Paraná, Brasil. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 2/CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA, 1, 1978, *Actas*, **4**:69-87.
- PANT, D.D. 1977. The plant of *Glossopteris*. *Journal of the Indian Botanical Society*, **56**:1-23.
- PANT, D.D. e SINGH, R.S. 1974. On the stem and attachment of *Glossopteris* and *Gangamopteris* leaves. Part II. Structural Features. *Palaeontographica Abteilung B*, **147**: 42-73, 13 pl., 11 fig., 1 tab.
- PICCOLI, A.E.M.; MENEGAT, R.; GUERRA-SOMMER, M.; MARQUES-TOIGO, M. e PORCHER, C.C. 1991. Faciologia da sequência sedimentar nas folhas de Quitéria e Várzea do Capivarita, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, **18**(1):31-43.
- PIGG, K.B. e TAYLOR, T.N. 1993. Anatomically preserved *Glossopteris* stems with attached leaves from the central Transantarctic Mountains, Antarctica. *American Journal of Botany*, **80**(5):500-516.
- PLUMSTEAD, E.P. 1962. Fossil flora in Antarctica. *Scientific reports on Trans Antarctic Expedition*, **9**:1-154.
- RIGBY, J.F. 1966. The Lower Gondwana floras of the Perth and Collie basins, Western Australia. *Paleontographica Abt. B.*, **118**(4-6):113-152.
- ROHN, R.; BABINSKI, M.E.C.B. e RÖSLER, O. 1984. *Glossopteris* da Formação Rio do Rasto no Sul do Estado do Paraná. In: CONGRESO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, *Anais*, p. 1047-1061.
- SANTOS, R.V.; SOUZA, P.A.; ALVARENGA, C.J.S.; DANTAS, E.L.; PIMENTEL, M.M.; OLIVEIRA, C.G. e ARAÚJO, L.M. 2006. Shrimp U-Pb dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, **9**:456-463.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F. e NOGUEIRA A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, *Anais*, p. 41-65.

- SEWARD, A.C. 1910. *Fossil plants*. Vol. II. Cambridge University Press, 514 p.
- SRIVASTAVA, A.K. e TEWARE, R. 1996. Plants fossils from the Barakar Formation, Auranga Coalfield, Bihar. *Geophytology*, **26**(1):83-88.
- SOUZA, P.A. e MARQUES-TOIGO, M. 2005. Progress on the palynostratigraphy of the Paraná strata in Rio Grande do Sul State, Paraná Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, **77**(2):353-365.
- STEWART, W.N. e ROTHWELL, G.W. 1993. *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge, Cambridge University Press, 521 p.
- YOSHIDA, R. 1966. Nota sobre um tufo de Glossopteridae na camada Irapuá, Criciúma, SC. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, **15**(4):69-77.
- WHITE, I.C. 1908. *Relatório final sobre as coal measures e rochas associadas do sul do Brasil*. (Report from the Comissão das Minas de Carvão da Pedra do Brasil), Rio de Janeiro, 300 p.
- WING, S.; ASH, A.; ELLIS, B.; HICKEY, L.J.; JOHNSON, K. e WILF, P. 1999. *Manual of leaf architecture – morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms*. Leaf Architecture Working Group, 65 p., disponível em <http://www.yale.edu/peabody/collections/pb/MLA.pdf> [manual online, última consulta em 18/06/2006]
- Submetido em 07/10/2005
Aceito em 16/02/2006