

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**SEMENTES DO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO  
PARANÁ, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: ANÁLISE  
TAXONÔMICA E PALEOECOLOGIA**

**JULIANE MARQUES DE SOUZA**

ORIENTADOR – Prof. Dr. Roberto Iannuzzi

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Pedro Raúl Gutierrez – Museo Argentino de Ciencias Naturales  
Bernardino Rivadavia, Argentina

Prof. Dr. Rosemarie Rohn – Universidade do Estado de São Paulo – Campus  
Rio Claro

Prof. Dr. Tânia Lidner Dutra – UNISINOS

Dissertação de Mestrado apresentada  
como requisito parcial para a obtenção  
do Título de Mestre em Geociências.

Porto Alegre – 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico essa dissertação aos meus pais, Aristeu e Olga, por um dia terem me dado a mão e me levado à escola.

Ao meu irmão Igor e à minha tia Maria Helena pelo incentivo e eterno carinho.

Ao Thiago, pelo companheirismo, pela confiança e principalmente pelo amor dedicado, por vezes à distância, mas não menos sincero e caloroso, tornando meus dias mais coloridos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Roberto Iannuzzi, por aceitar o desafio de me guiar por mundos paleozóicos e por acreditar na possibilidade de realização desse estudo. Por dedicar parte do tempo de sua vida com a nossa formação tendo a certeza de que sairíamos dessa experiência mais fortes e amadurecidos para a vida.

Às colegas da paleobotânica, em especial Daiana R. Boardman e Graciela Tybusch, por todos os anos de coleguismo e amizade, pela conversas esclarecedoras e pelos grandes momentos compartilhados.

Ao Professor Paulo Alves de Souza pelo primeiro acolhimento na Paleontologia, e aos colegas da Palinologia por permitirem intercâmbios de conhecimento não só na universidade mais em locais extracurriculares.

Agradeço também ao CNPQ, pelo apoio financeiro na forma de bolsa de pesquisa, sem a qual teria sido impossível a viabilização do mestrado.

Às sementes, por um dia terem existido e não germinado para que um dia tivessem sido fossilizadas e estudadas!

## RESUMO

O presente estudo oferece uma análise completa das principais sementes encontradas no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, no Rio Grande do Sul, preservadas na forma de impressão/compressão. Estas são provenientes do topo do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, Grupo Guatá, e foram coletadas em diferentes afloramentos no Estado. O principal objetivo foi o de atualizar a classificação taxonômica dessas estruturas e utilizá-las como ferramenta para estudos em paleoecologia. Para tanto foi realizada a análise morfológica e morfométrica dos espécimes e sua organização em morfotipos. A partir da comparação com espécies descritas na literatura, foi feita a classificação taxonômica desses morfotipos. A última etapa do estudo consistiu na interpretação das estruturas dispersoras evidentes na morfologia das sementes estudadas e no estabelecimento de suas relações com os agentes dispersores, a fim de tentar caracterizar as síndromes de dispersão adotadas pelas plantas-mãe. Como resultado obteve-se a descrição de seis morfotipos incluídos no morfogênero *Samaropsis* Goeppert e quatro para o morfogênero *Cordaicarpus* Geinitz. Dentre esses, três foram descritos como novas espécies, uma relacionada à *Samaropsis*, denominada *Samaropsis gigas* Souza e Iannuzzi, e outras duas referentes à *Cordaicarpus*, provisoriamente referidas aqui como *Cordaicarpus* sp. 1 e *Cordaicarpus* sp. 2. Outro morfotipo foi francamente identificado a uma espécie argentina e classificado como *Samaropsis kurtzii* Leguizamón, enquanto que dois foram mantidos em nível genérico, tendo sido designados como *Samaropsis* sp. 1 e *Samaropsis* sp. 2. Os demais se mostraram similares a algumas espécies conhecidas, sendo assinalados como: *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, *Samaropsis* aff. *S. rigbyi*, *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus* e *Cordaicarpus* aff. *C. famatinensis*. Na análise paleoecológica obteve-se, como resultado, a síndrome de dispersão hidrocórica para *Samaropsis gigas*, onde sua planta-mãe estaria relacionada à sucessão vegetacional secundária, habitando provavelmente ambientes às margens dos corpos d'água. *Samaropsis kurtzii* com a síndrome de dispersão anemocórica seria característica de plantas que ocorrem na vegetação de sucessão intermediária, em áreas mais distais aos corpos d'água. Por último, *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus*, *Cordaicarpus* sp. 1 e *Cordaicarpus* sp. 2 apresentaram a barocoria como mecanismo de dispersão primário, com diferentes casos de síndromes associadas, sendo todas formas relacionadas às plantas características de vegetações de sucessão primária.

**Palavras-chave:** *Samaropsis*, *Cordaicarpus*, Bacia do Paraná, Permiano Inferior, paleoecologia de sementes.

## ABSTRACT

The present study offers a complete analysis of the main seeds found in the Lower Permian of the Paraná Basin, in the Rio Grande do Sul State, preserved as impression /compression. They were assigned to the uppermost Itararé Group and Rio Bonito Formation, Guatá Group, and were recovered from different outcrops in the state. The main goal of this contribution was updated the taxonomic classification of these structures and use them as a tool for the paleoecologic studies. For this, the morphological and morphometric analysis of specimens and their organization in morphotypes was made. From the comparison with species already described in the literature, the taxonomic classification of these morphotypes was proposed. The last stage of this study it was to interpret the dispersal structures evident in the morphology of seeds analyzed and to establishment of their relationships with dispersers in order to characterize the dispersal syndromes adopted by the mother-plants. As a result, we obtained a description of six morphotypes for the morphogenus *Samaropsis* Goeppert, and four for the morphogenus *Cordaicarpus* Geinitz. Among these, three of them were described as new species; one related to *Samaropsis*, named *Samaropsis gigas* Souza and Iannuzzi, and the other two referents to *Cordaicarpus*, which were provisionally denominated herein as *Cordaicarpus* sp. 1 and *Cordaicarpus* sp. 2. Other morphotype was totally identified with an Argentinean species and classified as *Samaropsis kurtzii* Leguizamón, while two were recognized in generic level only, have been designated as *Samaropsis* sp. 1 and *Samaropsis* sp. 2, respectively. The others were considered similar to species already known, have been denominated as: *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, *Samaropsis* aff. *S. rigbyi*, *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus* and *Cordaicarpus* aff. *C. famatinensis*. In the paleoecological analysis it was obtained as a result the hydrochory as dispersal syndrome to *Samaropsis gigas*, which its mother-plant was related to secondary vegetational succession, living in environments near water bodies probably. On the other hand, *Samaropsis kurtzii* was probably shed by anemochory, and its mother-plant was characteristic of vegetation of intermediate vegetational succession and living distal areas from water bodies. Finally, *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus*, *Cordaicarpus* sp. 1 and *Cordaicarpus* sp. 2 presented the barochory as primary dispersal mechanism with possible different cases of associated syndromes, being all of them species characteristic of primary succession of vegetation.

**Key-words:** *Samaropsis*, *Cordaicarpus*, Paraná Basin, Lower Permian, seed paleoecology.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	19
“SEMENTES DO GÊNERO <i>SAMAROPSIS</i> GOEPPERT NO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, SUL DO BRASIL” .....	19
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	47
“THE GENUS <i>CORDAICARPUS</i> GEINITZ IN THE LOWER PERMIAN OF THE PARANÁ BASIN, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL” .....	47
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	73
“SÍNDROME DE DISPERSÃO DAS SEMENTES FÓSSEIS DO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, RS, BRASIL: aplicações paleoecológicas” ....	73
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	112
<b>ANEXOS:</b> .....	117
<b>ANEXO A</b> – Ficha de descrição morfológica e morfométrica dos espécimes.....	117
<b>ANEXO B</b> - Artigo publicado.....	118
<b>ANEXO C</b> - Carta de submissão .....	119
<b>ANEXO D</b> - Carta de aceite .....	120

A presente dissertação inicia-se com uma breve INTRODUÇÃO ao tema de pesquisa, contendo os objetivos e a metodologia de trabalho. O CAPÍTULO 1 é composto pelo artigo intitulado “Sementes do gênero *Samaropsis* Goeppert no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, sul do Brasil”, publicado na Revista Brasileira de Paleontologia. O CAPÍTULO 2 contém o artigo “The genus *Cordaicarpus* Geinitz in the Lower Permian of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil”, aceito pela Revista Brasileira de Paleontologia enquanto que o CAPÍTULO 3 o artigo “Síndrome de dispersão das sementes fósseis do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, RS, Brasil: aplicações paleoecológicas”, em processo de submissão. Esta dissertação encerra-se com um breve relato dos principais resultados obtidos nas CONSIDERAÇÕES FINAIS. Por fim, os documentos relacionados aos capítulos descritos encontram-se organizados nos ANEXOS.

## INTRODUÇÃO

As sementes fósseis, apesar de serem frequentes no registro, têm recebido pouca atenção, nas últimas décadas, por parte dos estudiosos em paleobotânica. Os estudos que se referem a essa estrutura restringem-se, na maioria das vezes, a citações de ocorrência dentre os restos vegetais, tais como folhas, troncos e raízes, a fim de ilustrar associações florísticas.

Embora pouco exploradas, as sementes paleozóicas brasileiras foram objetos de alguns trabalhos importantes, os quais se dedicavam exclusivamente ao detalhamento dessas estruturas. Dentre estes, os trabalhos de Millan (1967, 1974, 1977a,b, 1980, 1994, 1995) foram os que mais contribuíram para a construção de uma base de dados taxonômicos sólida, principalmente para aquelas sementes encontradas em afloramentos da Bacia do Paraná do estado de São Paulo.

Fora do Brasil, para o Gondwana, importantes trabalhos sobre sementes paleozóicas foram publicados, principalmente na Argentina. Dentre eles, encontram-se publicações de Leguizamon (1971), Garcia (1990), Gutierrez *et al.* (1992), Gutierrez & Pazos (1994) e Archangelsky (2000).

Atualmente, a análise taxonômica das sementes fósseis ganhou novo fôlego no Brasil. Alguns trabalhos foram publicados buscando não só classificá-las, como também readequar terminologias e estabelecer critérios comuns de análise taxonômica. Como exemplos de trabalhos publicados recentemente e que se dedicam exclusivamente a taxonomia de sementes tem-se Souza & Iannuzzi (2007) e Bernardes-de-Oliveira, *et al.* (2007).

No estado do Rio Grande do Sul, mesmo diante da abundância dos registros e da diversidade morfológica apresentada, as sementes receberam ainda pouca atenção. A maioria dos trabalhos anteriormente publicados detinha-se na classificação em nível apenas genérico dos morfotipos (CAZZULO-KLEPZIG; GUERRA-SOMMER, 1984, 1985a,b, GUERRA-SOMMER; CAZZULO-KLEPZIG, 1981, 1993, 2000), enquanto que análises taxonômicas mais detalhadas foram abordadas em somente três trabalhos, White (1908), Corrêa da Silva & Arrondo (1977) e Cazzulo-Klepzig *et al.* (1980), os quais realizaram, de forma breve, a descrição e classificação dessas sementes.

Em termos da paleoecologia de sementes fósseis, nada foi apresentado até hoje para os registros brasileiros e, de maneira geral, para o Gondwana, apenas

Archangelsky (1995) apresentou um esboço das implicações paleoecológicas da espécie *Patagosperma lubeckense*, descrita e classificada no mesmo trabalho.

Considerando que o estudo das sementes fósseis é fundamental para o entendimento da complexidade das comunidades vegetais do passado, bem como para a visualização de suas estratégias reprodutivas, julgou-se pertinente iniciar estudos para aprofundar o conhecimento a respeito dessas estruturas no estado do Rio Grande do Sul. Mas para isso, devia-se, antes de mais nada, expandir a análise das sementes para além da classificação taxonômica, buscando interpretações a respeito da paleobiologia das plantas pretéritas.

## **Objetivos**

Portanto, o presente estudo tem como objetivo geral “ampliar os estudos das sementes do Permiano Inferior, coletadas em diversos afloramentos da porção sul da Bacia do Paraná, no estado do Rio Grande do Sul”. Para tanto, têm-se como objetivos específicos:

- Analisar e descrever os espécimes de sementes coletados, a fim de estabelecer distintos morfotipos;
- Classificar taxonomicamente os morfotipos estabelecidos, através de comparações com as espécies já descritas na literatura para os depósitos do Paleozóico Superior do Gondwana;
- Utilizar a morfologia dos morfotipos estudados como ferramenta em estudos paleoecológicos, através da interpretação das estruturas dispersoras presentes, bem como análise das síndromes de dispersão possíveis.

## **Material**

Todo o material utilizado nesse estudo provém da porção sul da Bacia do Paraná. Essa bacia ocupa territórios no Brasil, no Paraguai, no Uruguai e na Argentina, tendo, aproximadamente 1.600.000 km<sup>2</sup>, sendo assim uma grande bacia sedimentar intracratônica Paleozóica-Mesozóica (BERNARDES-DE-OLIVEIRA, et al. 2007). Milani et al. (2007) apresentaram a litoestratigrafia dessa bacia e a classificaram em seis super-seqüências: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru.

Os três afloramentos utilizados nessa pesquisa (Morro do Papaléo, Morro do Papaléo, Seção Faxinal, e Cerro Negro) são representantes da super-seqüência

Gondwana I, mais precisamente do topo do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, do Grupo Guatá (IANNUZZI et al., 2003, 2006, 2007). Estes afloramentos, por sua vez, localizam-se no município de Mariana Pimentel, aproximadamente a 100 km da cidade de Porto Alegre.

O Morro do Papaléo, antiga mina de caulim, foi o local onde mais se encontrou registros de sementes. Iannuzzi et al. (2003, 2006 e 2007) propuseram o perfil estratigráfico desse afloramento, sendo hoje um dos mais estudados da região.

O Morro do Papaléo, Seção Faxinal, apresentado, pela primeira vez, por Souza & Iannuzzi (*prelo*), não é tão representativo em termos de morfogrupos de sementes, mas apresenta abundantes registros de restos vegetais. No entanto pouca atenção recebeu até hoje por parte dos pesquisadores.

Por fim, o Cerro Negro, embora também pouco explorado, tem apresentando importantes registros de sementes. Esse afloramento foi escrito estratigraficamente por Delaney (1964) e discutido, brevemente por Corrêa-da-Silva (1978), sendo, depois disso, abandonado. O material estudado corresponde àquele coletado por Corrêa-da-Silva (1978).

## **Metodologia**

A fim de atingir os objetivos propostos, a pesquisa seguiu por três etapas. A primeira foi o estudo detalhado de cada morfótipo encontrado tanto na Coleção de Paleobotânica do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, quanto no material coletado em saídas de campo feitas às seções aflorantes do Morro do Papaléo supracitadas. Esse estudo contou com a elaboração de fichas descritivas de cada espécime, contendo os dados morfométricos obtidos e, por fim, com a proposição de morfogrupos e morfotipos (Anexo A).

A segunda etapa correspondeu à classificação taxonômica dos referidos morfotipos, a partir da realização de comparações com espécies já descritas na literatura. Após estas classificações, iniciou-se a terceira etapa que teve como finalidade verificar a síndrome de dispersão das diferentes morfoespécies com base em sua morfologia e, por conseguinte, estabelecer inferências paleoecológicas a respeito do hábito e do habitat das possíveis plantas-mães das sementes estudadas.

Para a realização dessas etapas foi fundamental eleger, dentre os critérios de análise já utilizados na literatura, aqueles aplicáveis no contexto morfológico e

preservacional do material disponível, visto que as sementes utilizadas estavam preservadas na forma de impressão/compressão. Portanto, para a primeira etapa desse estudo teve-se como critérios de análise aqueles propostos por Oliveira & Pontes (1976), Taylor & Taylor (1993), Millan (1994) Archangelsky (2000), os quais são:

1. O eixo de simetria, sementes platispérmicas (bilateral) ou radiospérmicas (radial);
2. A forma e diferenciação da testa em endotesta, esclerotesta e sarcotesta;
3. A forma e a superfície do nucelo, liso ou estriado;
4. Relação entre a largura da testa e a largura do nucelo;
5. Presença ou ausência de uma crista mediana ao longo do nucelo.

Esses critérios referem-se a caracteres morfológicos diagnósticos para gênero e espécie, sendo, portanto, comparáveis com as descrições encontradas na literatura.

Para o estudo paleoecológico da síndrome de dispersão, optou-se pela interpretação morfológica das estruturas dispersoras, intituladas aqui como feições biológicas. Para isso foram utilizados os seguintes critérios:

1. O tamanho da semente, que segundo Tiffney (1984, 1986, 2004), Jakobsson & Erikson (2000) está relacionado ao estágio que a planta-mãe ocupa na sucessão vegetacional, se parte da sucessão primária (sementes pequenas) ou parte da sucessão secundária (sementes grandes);
2. A presença ou ausência de estruturas morfológicas dispersoras com síndrome de dispersão associada: pelo fato de que algumas morfologias denunciam a síndrome utilizada como estratégia de dispersão pela planta-mãe, além de favorecer a ação de determinados agentes dispersores (TIFFNEY, 1986, 2004; VAN DER PJIL, 1969);
3. A relação entre o tamanho da semente e a síndrome de dispersão, que traz informações adicionais a respeito dos possíveis agentes dispersores, visto que determinados tamanhos limitam ou favorecem a ação desses agentes, independentemente da morfologia apresentada pelo diásporo (HUGHES et al., 1994).

Para a determinação das síndromes de dispersão apresentadas pelas diferentes morfologias das sementes estudadas, utilizou-se a classificação proposta por van der Pijl (1969) para plantas modernas. Nesta classificação as principais síndromes propostas são: i) Anemocoria: dispersão pelo vento; ii) Hidrocoria: dispersão pela água; iii) Autocoria: dispersão pela própria planta; iv) Epizoocoria: dispersão pela aderência à superfície de animais; v) Dispersão por peixes; vi) Saurocoria: dispersão por répteis; vii) Ornitocoria: dispersão por aves; viii) Dispersão por mamíferos; ix) Barocoria: que representa a ausência de síndrome de dispersão, onde há a ação da força da gravidade.

Além da análise das feições biológicas, que oferecem importantes informações a respeito da paleobiologia dessas plantas, considerou-se fundamental para o estudo proposto a interpretação das feições tafonômicas apresentadas nos registros, a fim de separar possíveis artefatos preservacionais dos demais caracteres morfológicos. Os critérios utilizados nessa análise foram os seguintes:

1. O estado de preservação do material, referente à preservação diferencial dos restos vegetais de acordo com a natureza da estrutura, ou seja, sementes mais espessas e com tecidos mais resistentes serão preferencialmente preservados (SCOTT; COLLINSON, 1983; SPICER, 1991);
2. O tipo de sítio deposicional, no qual a análise sedimentológica traz importantes informações do registro, tais como, a energia do sistema, a natureza oxidante ou anóxica, o regime do fluxo, o sentido da corrente, as quais influenciam diretamente as associações de fósseis estudadas;
3. O grau de transporte, que se refere à proximidade da associação fóssil em relação a seu ambiente de vida e, no caso das sementes, em relação à planta geradora, sendo os restos vegetais classificados como autóctones, parautóctones ou alóctones (BATEMAN, 1991).

## **Resultados**

Como resultados dessas análises foram publicados três artigos, os quais compõem o corpo dessa dissertação e estão organizados em três capítulos. No capítulo 1 tem-se o artigo intitulado “Sementes do gênero *Samaropsis* Goeppert no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, sul do Brasil”, publicado na Revista Brasileira de Paleontologia. Este trabalho é a primeira parte da análise taxonômica desenvolvida com

as sementes fósseis do estado e dedica-se a sementes classificadas exclusivamente no gênero *Samaropsis* Goeppert. Embora este represente um estudo já iniciado em um período anterior ao do mestrado acadêmico, faz parte do escopo do trabalho que vem sendo desenvolvido com estas estruturas e que apresenta informações que serão utilizadas no estudo de paleoecologia das sementes realizado no último artigo da dissertação (Anexo B).

No capítulo 2, o artigo “The genus *Cordaicarpus* Geinitz in the Lower Permian of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil” trata ainda das análises taxonômicas das sementes, agora referentes ao gênero *Cordaicarpus* Geinitz. Este artigo encontra-se aceito pela Revista Brasileira de Paleontologia, com publicação prevista para o próximo número desse periódico (Anexos C; D).

Por fim, o capítulo 3 apresenta o artigo referente à terceira etapa desse projeto, referente às interpretações paleoecológicas a partir das sementes fósseis. Intitulado “Síndrome de dispersão das sementes fósseis do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, RS, Brasil: aplicações paleoecológicas”, este trabalho encontra-se em processo de submissão na Revista Brasileira de Paleontologia.

## REFERÊNCIAS

ARCHANGELSKY, A. *Patagosperma lubeckense*, nueva semilla de gimnosperma Del Permico Inferior de la Provincia de Chubut. Implicancias Paleobiologicas. **Ameghiniana**, Buenos Aires, **32** (4): 351 – 357, 1995.

ARCHANGELSKY, A. Estudio sobre semillas neopaleozoicas de Argentina. **Boletín de la Academia Nacional de Ciencias**, **64**:79-115, 2000.

BATEMAN, E.M. 2. Palaeoecology. In: CLEA, C.J. **Plant fossils in geological investigation. The Palaeozoic**. London: Ellis Horwood Limited, p. 34-116, 1991.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C.; CASTRO-FERNANDES, M.C.; TEWARI, R. & RICARDI-BRANCO, F. Platyspermic seeds from the Early Permian of Paraná Basin, Brazil. **The Palaeobotanist**, 56:1-19, 2007.

CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M. A paleoflora do Gondwana no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, RIO DE JANEIRO, 18. **Anais...** Rio de Janeiro, v.2, p. 1020-1022, 1984.

CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M. Plaeofloristic Gondwana succession in the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Southern Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 6. **Anais...** Bogotá, p.177-192, 1985a.

CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M. Relationship between the taphoflora of the Itatare Group, Parana Basin, South Brasil and the Permocarboneous boundary. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA DEL CARBONÍFERO*, 10. **Comptes rendus...** Madrid, v.2, p. 395-408, 1985b.

CORRÊA DA SILVA, Z.C. Observações sobre o Grupo Tubarão no Rio Grande do Sul com especial destaque à estratigrafia da Formação Itararé. **Pesquisas**, 9:9-61, 1978.

DELANEY, P. J.V. Itararé outliers in Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim paranaense de Geografia**, Curitiba. 10/15:161-171, 1964.

GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. & MARQUES-TOIGO, M. Revisão fitoestratigráfica do Grupo Itararé no Rio Grande do Sul. III – Área de Faxinal, município de Guaíba, Rio Grande do Sul. São Paulo. Instituto de Geociências, USP, 11:31-189, 1980. (**Boletim**)

GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. A tafoflora do grupo Itararé no Rio Grande do Sul: sua importância bioestratigráfica no Gondwana Sulbrasileiro. *In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA*, 2. **Anais...** Porto Alegre, v.1, p. 127-140, 1981.

GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neo Paleozoic Gondwana Sequence: A preliminary palaeobotanical approach. *In: INTERNATIONAL CONGRÉS DE LA STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÈRE ET PERMIEN*, 12. **Comptes rendus...** Buenos Aires, v.2, p.61-72, 1993.

GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. As floras gonduânicas do Paleozóico Superior do Rio Grande do Sul. *In: HOLZ, M.& DE ROS, L.F.(ed) Paleontologia do Rio Grande do Sul*. CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p. 67-84, 2000.

GARCIA, G. B. Cordaitales y semillas platispermicas de la Formación El Imperial (Paleozoico Superior), Cuenca San Rafael, Argentina. **Ameghiniana**, 27 (3-4):239-249, 1990.

GUTIERREZ, P. R.; GANUZA, D.G.; MOREL, E. & ARRONDO, O. G. Los Generos *Cordaicarpus* Arber y *Samaropsis* Goepfert (Semillas Platispérmicas) en el Neopaleozoico Argentino. **Ameghiniana**, 29(1):49-68, 1992.

GUTIERREZ, P.R. & PAZOS, P. Acerca de la presenta de semillas platispermicas en la Formación Guadacol, Carbonifero, Argentina. **Ameghiniana**, 31(4):375-377, 1994.

HUGHES, L.; Dunlop, M.; French, K.; Leishman, M. R.; Rice, B.; Rodgerson, L.; Westoby, M. Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes. **Journal of Ecology**. 82: 933 – 950, 1994.

IANNUZZI, R. & VIEIRA, C.E.L. **Paleobotânica**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005, 167 p.

IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; SOUZA, P. A.; HOLZ, M.; CARAVACA, G.; ADAMI-RODRIGUES, K.; TYBUSCH, G. P.; SOUZA, J. M.; SMANIOTTO, L. P.; FISCHER, T. V.; SILVEIRA, A. S.; LYKAWKA, R.; BOARDMAN, D. R.; BARBOZA, E. G. Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS - Registro ímpar da sucessão sedimentar e florística pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BEBERT-BORN, M. L. C.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, volume III, 2006. Disponível em <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/sitio101.pdf>>

IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; CARAVACA, G. Taphonomy and paleoecology of the southern Brazilian *Glossopteris* Flora (Paraná Basin, Lower Permian). **Cuadernos del Museo Geominero**, 8: 201-206, 2007.

JAKOBSSON, A.; ERIKSSON, O. A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. **OIKOS**, 88: 494–502, 2000.

MILLAN, J. H. O gênero *Samaropsis* na flora do Gondwana do Brasil e de outros países. **Boletim do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, Brasil, 1967, 11 p. (Boletim 32), 1967.

MILLAN, J. H. As sementes platispérmicas do Gondwana face ao Esquema Maithy. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 46 (3/4):538-547, 1974.

MILLAN, J. H. Sementes platispérmicas da florula gondwanica de Monte Mor, Estado de São Paulo, Brasil. **Ameghiniana**, 14 (1-4):33-44, 1977a.

MILLAN, J. H. Sementes platispérmicas do eogondwana de Cerquilha, São Paulo, (Bacia do Paraná). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 49 (4):581-595, 1977b.

MILLAN, J. H. Sobre uma possível utilização estratigráfica de sementes gondvânicas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 52 (2): 353-358, 1980.

MILLAN, J. H. O esquema de identificação e classificação das sementes gondvânicas: reatualização e análise crítica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 66 (4): 475-488, 1994.

MILLAN, J. H. Novas ocorrências de sementes platispérmicas em tafofloras associadas a camadas carbonosas do Grupo Tubarão, eogondwana da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 67 (1):117-128, 1995.

MILANI, J. E.; Melo, J. H. G.; Souza, P. A.; Fernandes, L. A. & França, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, 15 (2): 265-287, maio/nov, 2007.

LEGUIZAMÓN, R. R. Paleophytologia Kurtziana III. 6. Revision de las semillas platispérmicas de Bajo de Los Velez (San Luis), ilustradas en el “Atlas de Plantas Fósiles de La Republica Argentina”, (F.Kurtz, 1921). **Ameghiniana**, 8 (3-4):259-264, 1971.

OLIVEIRA, M. E. C. B. & PONTES, C. E. S. Algumas observações sobre cordaitófitas da Formação Rio Bonito. Grupo Tubarão Bacia do Paraná Brasil. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO I. **Actas...** Santiago do Chile, v. 3, p. L22-L81, 1976.

SCOTT, A. & COLLINSON, M. Investigating fossil plant beds, part 1: the origin of fossil plants and their sediments. **Journal of the Association of Teachers of Geology**. 7(4): 114 – 122, 1983.

SPICER, R. A. Plant taphonomic processes. In: ALLISON, P. A. & BRIGGS, D. E. (eds.) **Taphonomy**: releasing the data locked in the fossil record. Topics in Geobiology, New York: Plenum Press, 1991, p. 78 – 113.

SOUZA, J. M. & IANNUZZI, R. Sementes do gênero *Samaropsis* Goeppert no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 10 (2): 93-106. 2007.

SOUZA, J. M. & IANNUZZI, R. The genus *Cordaicarpus* Geinitz in the Lower Permian of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia** (*prelo*).

TAYLOR, T.N. & TAYLOR, E. L. **The Biology and Evolution of Fossil Plants**. 1<sup>a</sup> ed. Nova Jersey, Prentice Hall, 1993, 982 p.

TIFFNEY B. H. Seed size, dispersal syndromes and the rise of the angiosperms: evidence and hypothesis. **Annals of the Missouri Botanical Garden**. 71: 551- 576, 1984.

TIFFNEY B. H. Evolution of seed dispersal syndromes according to the fossil record. In: Murray D. R. (org.) **Seed dispersal**. San Diego: Academic Press, 1986, 322p.

TIFFNEY B. H. Vertebrate dispersal of seed plants through time. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** 35:1–29, 2004. Disponível em <<http://arjournals.annualreviews.org>>

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in Higher plants**. Springer-Verlag, New York, 1969, 153 p.

WHITE, D. Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil. In: WHITE I.C., Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, Relatório Final, 1908, p. 558-568.

## **CAPÍTULO 1**

“SEMENTES DO GÊNERO *SAMAROPSIS* GOEPPERT NO PERMIANO INFERIOR  
DA BACIA DO PARANÁ, SUL DO BRASIL”

Juliane Marques de Souza & Roberto Iannuzzi

In: Revista Brasileira de Paleontologia, 10 (2): 95 – 106, maio/agosto 2007

**SEMENTES DO GÊNERO *SAMAROPSIS* GOEPPERT NO PERMIANO  
INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, SUL DO BRASIL**

JULIANE MARQUES DE SOUZA & ROBERTO IANNUZZI

Depto. de Paleontologia e Estratigrafia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91509-900, Porto Alegre,  
RS, Brasil.

juli\_souza@ibest.com.br; roberto.iannuzzi@ufrgs.br

**RESUMO:** O afloramento Morro do Papaléo, localizado no município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul, tem se mostrado uma importante fonte de sementes fósseis preservadas na forma de impressões, as quais são provenientes do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, Permiano Inferior da Bacia do Paraná. Neste estudo, são descritos seis diferentes morfotipos para o gênero *Samaropsis* Goeppert que, possivelmente, correspondem a seis de diferentes morfoespécies. Características como largura da sarcotesta, a forma geral da semente e do nucelo e a textura de sua superfície permitiram a proposição de uma nova espécie, *Samaropsis gigas* nov. sp., e identificar a presença de *S. kurtzii* Leguizamón *S. aff. S. millaniana* Oliveira & Pontes e *S. aff. Samaropsis rigbyi* Millan. Além disso, uns poucos espécimes foram classificados apenas a nível genérico, tendo sido designados como *Samaropsis* sp. 1 e *Samaropsis* sp. 2.

**Palavras-chave:** Sementes fósseis, Grupo Itararé, Formação Rio Bonito, Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul.

**ABSTRACT:** SEEDS OF THE GENUS *SAMAROPSIS* GOEPPERT FROM THE LOWER PERMIAN OF PARANÁ BASIN, SOUTHERN BRAZIL. The Morro do Papaléo outcrop is located in Mariana Pimentel town, Rio Grande do Sul, and has been an important source of fossil seeds. They are preserved as impressions, in deposits of the Itararé Group and the Rio Bonito Formation, Lower Permian of the Paraná Basin. In this study six different morphotypes of seeds of the genus *Samaropsis* Goeppert were described corresponding to six different morphospecies. Analysis of some morphological features, such as size of sarcotesta, the shape of seeds and their nucellus, and the texture of their surfaces, allowed the erection of a new species, *Samaropsis gigas* nov. sp.; and identify the presence of *S. kurtzii* Leguizamón, *S. aff. S. millaniana* Oliveira & Pontes, *S. aff. Samaropsis rigbyi* Millan. Moreover, a few specimens were

classified only in generic level, having been designed as *Samaropsis* sp. 1 and *Samaropsis* sp. 2.

**Keywords:** Fossil seeds, Paraná Basin, Itararé Group, Rio Bonito Formation, Rio Grande do Sul State.

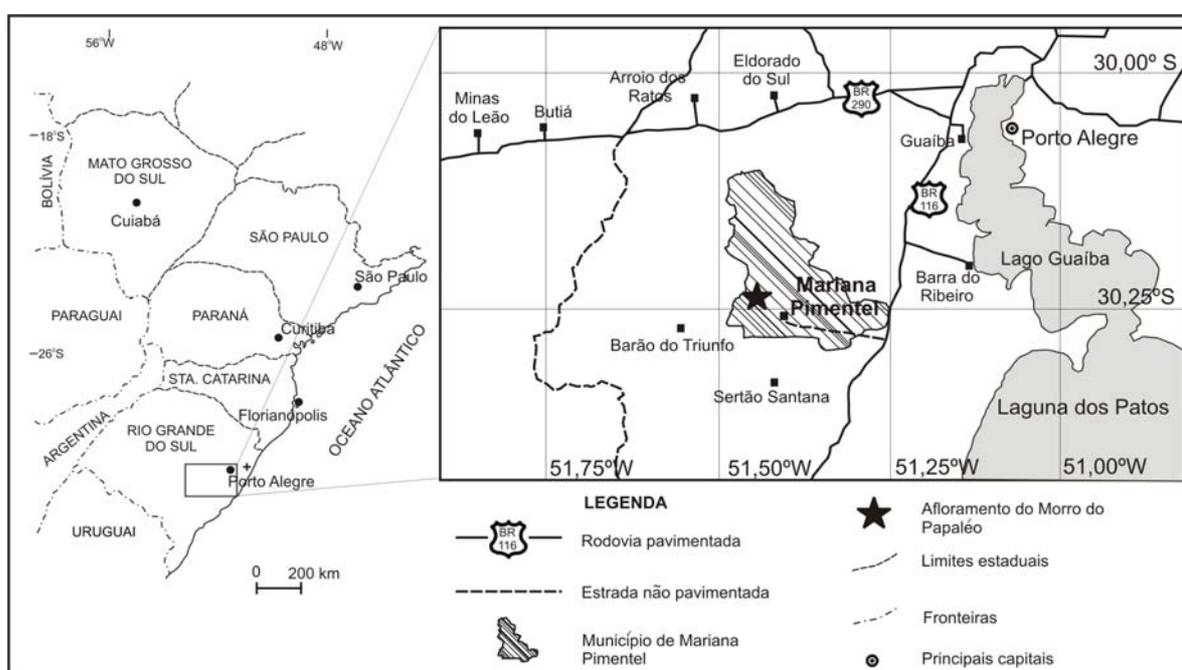
## INTRODUÇÃO

Apesar de serem relativamente freqüentes nos afloramentos do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, as sementes sempre ficam relegadas ao segundo plano em relação às estruturas consideradas mais relevantes, tais como folhas, caules e raízes. A análise taxonômica dessas estruturas no Brasil restringe-se aos importantes trabalhos de Millan (1967, 1974, 1977a, 1977b, 1980, 1994, 1995). Cabe salientar que as sementes não só contribuem para o entendimento da complexidade das comunidades de plantas que habitaram épocas pretéritas, como também revelam, através de características morfológicas, informações sobre as diversas estratégias reprodutivas adotadas pelos vegetais no passado.

Nos afloramentos do Permiano Inferior do Rio Grande do Sul são encontradas impressões de sementes das mais variadas formas e tamanhos. Autores como Cazzulo-Klepzig & Guerra-Sommer (1984,1985a,b) e Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1981, 1993, 2000) registraram a presença dos gêneros *Cornucarpus*, *Cordaicarpus* (= *Platycardia*) e *Samaropsis* no estado. No entanto, apesar da freqüência com que as sementes ocorrem nos depósitos, análises taxonômicas são registradas apenas nos trabalhos de White (1908), Corrêa da Silva & Arrondo (1977), Cazzulo-Klepzig et al.(1980) e Oliveira & Yoshida (1982). Diante disto, o estudo taxonômico do presente material, de excelente estado de preservação, ampliará o conhecimento das sementes nas associações paleoflorísticas permianas do Sul da Bacia do Paraná. Tendo em vista a quantidade e diversidade do material analisado, o presente artigo refere-se apenas aos diferentes morfotipos de sementes que se vinculam exclusivamente ao gênero *Samaropsis* Goeppert, preservados na forma de impressões e provenientes do afloramento Morro do Papaléo. O restante do material será apresentado em publicações ulteriores.

## GEOLOGIA

O afloramento Morro do Papaléo corresponde a uma antiga mina de extração de caulim (atualmente desativada) localizada no município de Mariana Pimentel, aproximadamente 100 km a sudoeste de Porto Alegre (Figura 1). Neste estudo, utilizou-se como referência o perfil estratigráfico proposto por Iannuzzi et al. (2003a, 2003b) o qual ilustra os níveis de onde as sementes foram extraídas e representa de forma atualizada a porção superior do afloramento (Figura 2). É efetuada aqui apenas a descrição dos níveis que contêm sementes fósseis.



**Figura 1:** Mapa de localização do Afloramento Morro do Papaléo, município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul (modificado de Iannuzzi *et al.*, 2006).

**Figure 1:** Location map of the Morro do Papaléo oucrop, municipality of Mariana Pimentel, rio Grande do Sul State (modified from Iannuzzi *et al.*, 2006).

Os níveis fossilíferos N1 e N2 são os mais basais do perfil citado e são representados por ritmitos síltico-argilosos, de coloração bege-escuro a cinza-escuro, vinculados ao Grupo Itararé. Impressões de frondes de *Botrychiopsis*, *Gangamopteris*,

*Glossopteris* e *Cordaites* compõem o conteúdo paleoflorístico desses dois níveis, além de abundantes registros de sementes (Figura 2).

O nível N4, que representa o topo do Grupo Itararé na seção segundo Iannuzzi et al. (2003a, 2003b), é formado por siltitos cinza-claro, finamente laminados, nos quais se encontram preservados restos vegetais de *Phyllothea*, *Stephanophyllites*, *Glossopteris*, *Gangamopteris*, *Cheirophyllum*, *?Dicranophyllum*, *Kawizophyllum* e *Cordaites*, juntamente com as sementes deste estudo (Figura 2).

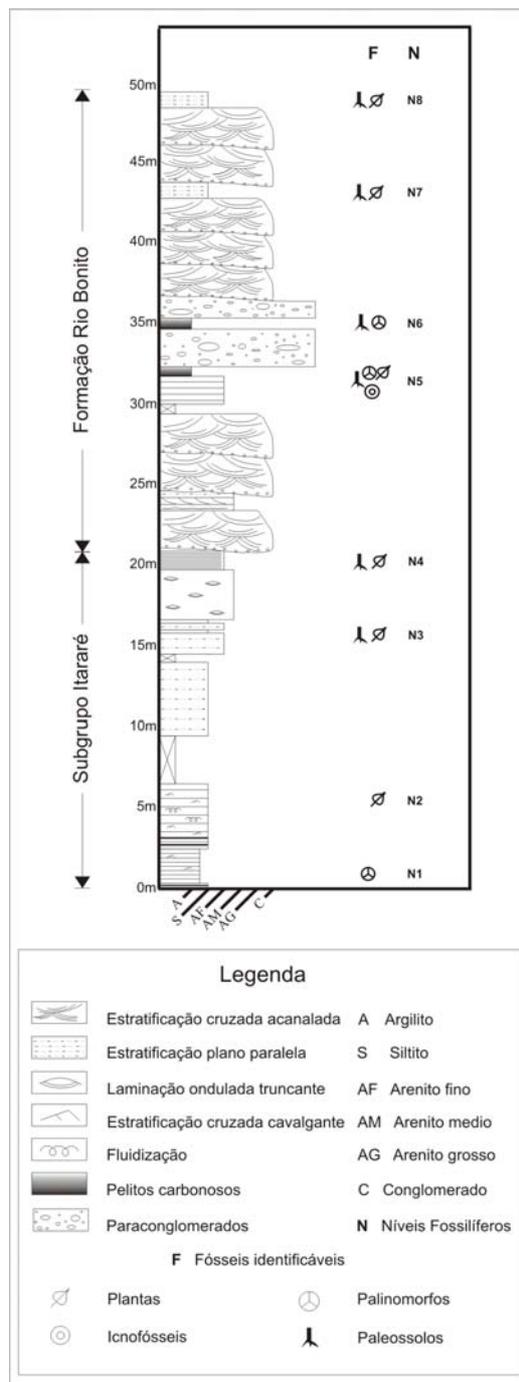
Os níveis N7 e o N8, que correspondem ao topo da seção aflorante do Morro do Papaléo e pertencem ao Grupo Guatá, Formação Rio Bonito, são formados por corpos lenticulares de arenito grosso, conglomerático, intercalados por finos siltitos cinza esbranquiçados (IANNUZZI et al. 2003a, 2003b) (Figura 2). Nesses siltitos encontram-se grande parte do material utilizado no estudo, onde as sementes estão preservadas ao lado de impressões de restos vegetais como folhas, caules e raízes associados a formas de *Brasilodendron*, *Asterotheca*, *Neomariopteris*, *Pecopteris*, *Sphenopteris*, *Glossopteris*, *Gangamopteris*, *Arberia*, *Kawizophyllum*, *Cordaites* e *Ginkgophytopsis*.

Segundo Iannuzzi et al. (2003a, 2003b, fig. 1) os níveis basais de N1 a N4 correspondem a depósitos gerados em ambientes lagunares a lacustres (Grupo Itararé), enquanto que N7 e N8 representam camadas típicas da planície de inundação de ambientes fluviais (Formação Rio Bonito, Grupo Guatá).

## MATERIAL E MÉTODOS

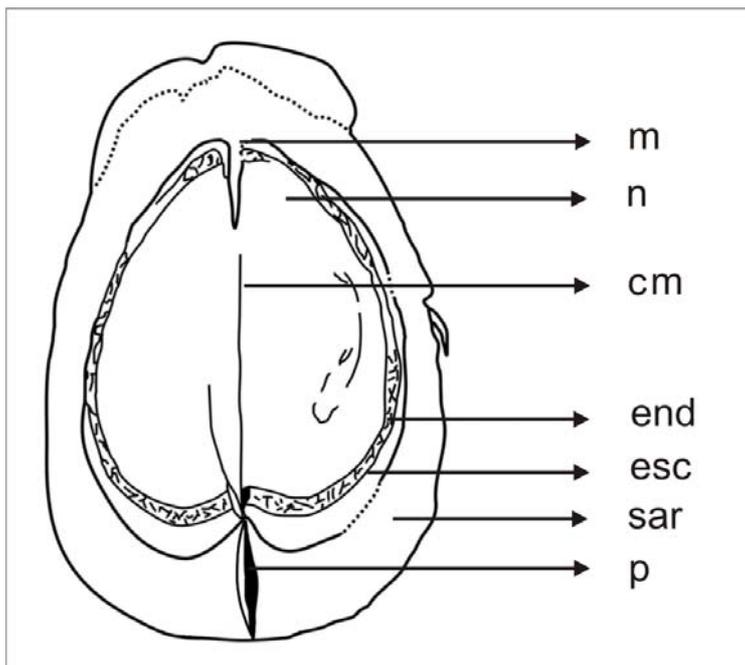
Para este estudo utilizaram-se as propostas de Taylor & Taylor (1993), Millan (1994) e Archangeslky (2000) onde foram estabelecidos os critérios de análise para sementes paleozóicas. As características morfológicas e as estruturas analisadas por aqueles autores, com sua respectiva terminologia, são as seguintes (Figura 3): i) eixo de simetria: platispérmica, radiospérmica; ii) forma e diferenciação da testa: sarcotesta, esclerotesta e endotesta; iii) forma e superfície do nucelo; iv) relação entre a largura da testa e a largura do nucelo (conforme proposto por Oliveira & Pontes 1976); v) presença ou não de uma crista mediana ao longo do nucelo.

Para expressar as medidas nas análises feitas utilizaram-se os seguintes termos: o *comprimento* da semente que se refere a medida do maior eixo de simetria da semente; *largura*, medida sobre uma linha imaginária perpendicular ao eixo do



**Figura 2:** Seção estratigráfica do Afloramento Morro do Papaléo com indicação dos níveis fossilíferos (N1, N2, etc...) descritos no trabalho (modificado de Iannuzzi *et al.*, 2006).

**Figure 2:** Stratigraphic section of the Morro do Papaléo outcrop showing the plant-bearing levels (N1, N2, etc...) described in this paper (modified from Iannuzzi *et al.*, 2006).



**Figura 3:** Desenho esquemático de *Samaropsis gigas* nov. sp. ilustrando as estruturas diagnósticas de uma semente preservada na forma de impressão. **m**, micrópila; **n**, nucelo; **cm**, crista mediana; **end**, endotesta; **esc**, esclerotesta; **sar**, sarcotesta; **p**, pedúnculo. Baseado nos espécimes MP-Pb 3992 e MP-Pb 3423.

**Figure 3:** Schematic drawing of *Samaropsis gigas* nov. sp. showing the diagnostic features present in these well-preserved seed impressions. **m**, micropyle; **n**, nucellus; **cm**, median ridge; **end**, endotesta; **esc**, sclerotesta; **sar**, sarcotesta; **p**, seed stalk. Based on specimens MP-Pb 3992 and MP-Pb 3423.

comprimento; *espessura*, medida que define a largura total das estruturas da testa (sarcotesta, esclerotesta e endotesta) considerando-se que as sementes estudadas estão preservadas na forma de impressões e, por isso, apresentam-se como fósseis bidimensionais.

A impressão, como forma de preservação, nos permite analisar apenas algumas das feições estruturais que compõem as sementes como, por exemplo, a presença de testa diferenciada ou não, de superfícies estriadas ou lisas, a forma da micrópila, além, é claro, da forma geral da semente. Algumas alterações nas características básicas de cada espécime podem ser provocadas pelo processo de

preservação, onde uma ou mais estruturas não se preservam, ou até mesmo pelo grau de maturação das sementes, podendo causar uma grande variação no tamanho dos espécimes de uma mesma morfoespécie. Assim, é necessário um grande esforço amostral que possa demonstrar, com maior segurança, as variações intra-específicas, possibilitando uma classificação mais precisa dos espécimes.

O material estudado está depositado no Museo de Paleontologia, na coleção de paleobotânica (MP-Pb), do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

O gênero *Samaropsis* foi criado por Goeppert (1864) que o definiu como “*Fructus samaroides membranaceus, compressus, marfine alatus, monospermus*”. Seward (1917), por sua vez, afirmou que o gênero *Samaropsis* referia-se apenas a sementes com características superficiais, especialmente relacionadas à sâmara, como a presença de uma asa bem desenvolvida. Este gênero se restringiria, originalmente, para designar apenas sementes preservadas na forma de compressões ou impressões.

Segundo Millan (1994), o gênero *Samaropsis* é caracterizado pela diferenciação evidente da testa em uma delicada e externa sarcotesta em contraposição a uma inflexível e interna esclerotesta, assim como fora definido por Arber (1914). Entretanto, a presença ou não de uma testa diferenciada depende diretamente do estado de preservação dos espécimes. A testa, por ser uma estrutura muitas vezes delicada, pode não estar completamente preservada, impedindo, em parte, a visualização e originando assim, convergências com os parâmetros de classificação utilizados para definir o gênero *Cordaicarpus* Geinitz.

Recentemente, Archangelsky (2000, p.102), em extensa revisão onde analisou as argumentações de autores como Arber (1914), Seward (1917), Florin (1940), Maithy (1965), Millan (1977b), ampliou a diagnose do gênero *Samaropsis*, definindo-o como “*semillas bilateralmente simétricas con una sarcotesta ancha que envuelve total o casi totalmente la esclerotesta*”.

Neste estudo, adotou-se a definição genérica de Archangelsky (2000). No entanto, para os casos em que a diferenciação da testa em sarcotesta e esclerotesta não é evidente, utilizou-se o método proposto por Oliveira & Pontes (1976) e modificado por Millan (1994). Conforme este método, todos os espécimes que apresentarem a relação

“largura máxima da testa/largura máxima do nucelo” maior ou igual à 1/4,5 (= 0,22) pertencerão ao gênero *Samaropsis*, enquanto aqueles que apresentarem essa relação menor do que 1/4,5 (= 0,22) pertencerão ao gênero *Cordaicarpus*.

Gymnospermae  
*Semina Incertae Sedis*  
*Samaropsis* Goeppert 1864

*Samaropsis gigas* nov. sp.

(Figura 4)

**Holótipo:** MP-Pb 3992

**Parátipos:** MP-Pb 3022; MP-Pb 3032; MP-Pb 3045; MP-Pb 3230; MP-Pb 3420; MP-Pb 3423; MP-Pb 3429; MP-Pb 3656; MP-Pb 3660 A/B; MP-Pb 3662; MP-Pb 3691 A, MP-Pb 3742; MP-Pb 3957; MP-Pb 3963; MP-Pb 3965; MP-Pb 3986; MP-Pb 3987; MP-Pb 3988; MP-Pb 3989; MP-Pb 3990; MP-Pb 3991; MP-Pb 3992 A/B; MP-Pb 3993 A; MP-Pb 3994; MP-Pb 3995; MP-Pb 3996.

**Localidade-tipo:** Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS.

**Ocorrência:** nível fossilífero 4 (= N4) no topo do Grupo Itararé, níveis fossilíferos 7 (= N7) e 8 (= N8) na Formação Rio Bonito, conforme Iannuzzi et al. (2003a, 2003b).

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio – Artinskiano precoce).

**Etimologia:** Relativo as suas dimensões exageradas, o que a destaca da grande maioria das espécies de sementes descritas para o gênero.

**Diagnose:** Sementes platispérmicas, grandes, de contorno geral ovalado e ápice e base arredondados e inteiras, com comprimento maior do que 50 mm e largura em torno de 30 a 40 mm. Nucelo liso, com uma proeminente crista mediana, ápice emarginado e base cordiforme, envolto por uma testa caracterizada por três distintas camadas: a endotesta, mais interna e fibrosa, a esclerotesta, lisa, com base bem desenvolvida e o mesmo formato do nucelo e, a mais externa, a sarcotesta lisa, oval, bem desenvolvida e assimétrica, apresentando um certo achatamento lateral e um pedúnculo de inserção da semente na região basal. Micrópila emarginada.

**Diagnosis:** “Platyspermic seeds, large size, general outline is ovalate tapering to rounded entire apex and base, length reaches more than 50,0 mm and width between 30,0

and 40,0 mm. The cordate nucellus is smooth, with a prominent mid ridge present on the median region, surrounded by a testa differentiated in three distinct layers: the inner and fibrous endotesta, the middle and smooth sclerotesta, with the well-developed base and the same shape of the nucellus, and the outer well-developed asymmetrical sarcotesta, narrowest at the both lateral sides and widest towards the base and apex. The sarcotesta shows a scar at the base characterizing the seed stalk. Emarginate micropile”.

**Descrição:** Sementes lisas, de simetria bilateral, preservadas como impressões, contornos gerais ovalados, sendo mais longas em seu eixo longitudinal, com ápices e bases arredondados (Figura 4A). Caracterizam-se por ter um comprimento variável entre 49,6 e 54,3 mm e uma largura que varia de 29,9 a 38,25 mm. São observadas quatro estruturas distintas, sendo que a mais interna é interpretada como o nucelo e as demais como distintas porções da testa. O nucelo tem o ápice emarginado e a base cordada, com comprimento entre 21,8 e 33,6 mm e largura entre 18,7 e 28,2 mm. Em muitos espécimes é possível visualizar a micrópila emarginada que, algumas vezes, aparece aberta em forma de “V” (*m* nas Figuras 4B, D). Em todos os espécimes está preservada uma crista mediana que atravessa o nucelo seguindo seu eixo longitudinal e que, em alguns casos, inicia-se na região apical, é interrompida na região mediana, mas reaparece na região basal do nucelo (Figura 4C)

Segue-se uma estrutura considerada como sendo a endotesta que mede em torno de 0,8 a 3,0 mm de espessura na região basal e 0,5 a 1,0 mm nas laterais. Sua superfície é fibrosa e essas fibras não seguem um padrão de orientação (Figuras 4C, E). Seu contorno é interrompido na região apical do nucelo, o que é ocasionado, provavelmente, pela preservação (Figuras 4B, D). A esclerotesta, que é a camada seguinte, possui um contorno geral oval, com ápice emarginado e base cordada. A espessura da esclerotesta varia em torno do nucelo. Em sua região basal é mais espessa, com medidas entre 2,4 e 7,0 mm, sofrendo um forte afinamento junto às margens laterais do nucelo, onde mede entre 0,3 e 1,4 mm de espessura, e um novo alargamento ao atingir a região apical, onde apresenta medidas entre 1,3 e 2,4 mm (Figura 4C, E). A testa mais externa, interpretada como sarcotesta, é oval, muito bem desenvolvida, assimétrica e segue o mesmo padrão de achatamento lateral demonstrado pela esclerotesta, alcançando assim sua maior espessura na região basal da semente, com medidas entre 6,0 e 16,0 mm, adelgaçando-se na região lateral, onde apresenta medidas entre 3,3 e 6,3 mm, e alargando-se novamente na região apical, na qual possui de 8,6 a

9,8 mm de espessura (Figuras 4C, E). A relação largura da testa / largura do nucelo (LT/LN) fica em torno de 0,40 a 0,65.

Em continuação ao mesmo eixo da crista mediana presente no nucelo, um tecido cordiforme estende-se da região basal da esclerotesta até o limite da região basal da sarcotesta. Este tecido é aqui interpretado este como sendo o pedúnculo de inserção da semente na frutificação e/ou planta-mãe (Figura 4A).

**Discussão e comparação:** Os espécimes estudados são grandes em comparação aos demais encontrados não só no afloramento Morro do Papaléo, bem como em outras localidades da Bacia do Paraná. O fato dos espécimes apresentarem uma testa visivelmente diferenciada e uma sarcotesta muito bem desenvolvida (relação LT/LN 0,40–0,65) classifica-os no gênero *Samaropsis*.

A distinção de uma camada mais interna a esclerotesta, a endotesta, deve-se provavelmente ao estado de preservação e a grande dimensão das sementes que permitem um grau de detalhamento superior àquele obtido das sementes de menor tamanho. Os espécimes analisados, por sua morfologia peculiar e dimensões exageradas, distinguem-se de praticamente todos os táxons de sementes já descritos na literatura para o Neopaleozóico do Gondwana, exceto por cinco espécies próximas, a saber: *Samaropsis lesliei* Seward, *S. indica* (Zeiller) Seward, *S. milleri* (Feistmantel) Seward, *S. intermedia* Høeg & Bose e *S. mendesii* Rigby.

*Samaropsis gigas* nov. sp. é comparável a *Samaropsis lesliei* Seward (1917:352, figura-texto 503), do Permo-Carbonífero da África do Sul, pela forma característica do nucelo e da esclerotesta que apresenta a base cordada. No entanto, a ausência de um sinus na região apical e de um prolongamento da sarcotesta em forma de uma haste robusta na região basal, ambos presentes em *S. lesliei*, é suficiente para distinguir os espécimes aqui analisados da espécie sul-africana.

As dimensões de *S. gigas* nov. sp. são muito semelhantes às de *S. indica* (Zeiller) Seward (1917, p.352), do Permiano da Índia. Porém, a forma ovalada, a presença de uma sarcotesta relativamente mais larga em *S. gigas* nov. sp. bem como a ausência de um sinus apical bastante evidente e profundo, como descrito por Arber (1905, p.205) e Seward (1917) para espécie indiana, permitem uma clara distinção entre o material brasileiro e *S. indica*.

Comparando o material analisado com *Samaropsis milleri* (Feistmantel) Seward (1917, p.353, figura-texto 504), também do Permiano da Índia, percebe-se um elevado grau de semelhança morfológica entre eles, basicamente, em relação ao formato

das regiões basal e apical do nucelo e da esclerotesta. A base da sarcotesta é igual tanto no material brasileiro quanto em *S. milleri*, porém, o material em estudo não apresenta o sinus apical como descrito para a espécie indiana, pelo contrário, essa região nos espécimes aqui descritos é bem arredondada e de margem contínua, não apresentando qualquer sinal de sinuosidade. Outra diferença entre *S. milleri* e *S. gigas* nov. sp. é que na última visualiza-se uma terceira estrutura, localizada entre o nucelo e a esclerotesta e interpretada como sendo a endotesta, a qual não foi mencionada na descrição e/ou na diagnose emendada da espécie indiana. Por fim, o estado precário de preservação material-tipo de *S. milleri*, que não apresenta as testas preservadas por completo, por exemplo, não permite uma comparação mais definitiva com *S. gigas*.

*Samaropsis gigas* nov. sp apresenta significativa semelhança com *S. intermedia* Høeg & Bose (1960, Pl. XIII, figura 1), uma forma do Permiano do Congo. Ambas espécies apresentam formato ovalado e sarcotesta evidente, espessa e mais estreita na região lateral do que nas regiões basal e apical, além da presença de um possível pedúnculo de inserção. No entanto, *S. gigas* diferencia-se por sua maior dimensão e seu formato mais ovalado (a *S. intermedia* é mais orbicular) além de uma sarcotesta mais ampla e com ápice arredondado e inteiro, sem a presença de sinus ou projeções.

*Samaropsis gigas* nov. sp ainda compartilha características com *S. mendesii* Rigby (1972, pl. 4, figura 30), espécie do Permiano Inferior da Bacia do Paraná, encontrada nas camadas da Formação Rio Bonito em Lauro Muller, Santa Catarina. As formas sul-riograndense e catarinense podem ser consideradas muito próximas por apresentarem o contorno geral ovalado, as dimensões do nucelo similares, a sarcotesta com estreitamento lateral e extremidades basal e apical amplas, além de possuírem um pedúnculo ou cicatriz de inserção bem desenvolvida. *Samaropsis. Gigas* nov. sp. distingue-se de *S. mendesii* por possuir uma crista mediana proeminente no nucelo e por não apresentar qualquer reentrância no ápice da semente nem a base da mesma cordada. Por fim, Rigby (1972) não fez nenhuma menção sobre a presença de uma endotesta no material de *S. mendesii*.

*Samaropsis kurtzii* Leguizamón 1971

(Figura 5B)

**Material:** MP-Pb 2746, 3010.

**Ocorrência:** Em nível equivalente ao nível fossilífero 4 (= N4) de Iannuzzi *et al.* (2003a, 2003b), no Topo do Grupo Itararé.

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio).

**Descrição:** Semente estriada, de simetria bilateral, contorno geral subcircular. O comprimento total da semente varia em torno de 23,0 e 24,0 mm e a largura entre 21,5 e 23,0 mm.

O nucelo possui ápice e base agudos, com comprimento variável de 13,4 e 14,6 mm e largura de 10,6 a 13,4 mm. A região apical termina de forma difusa, com difícil visualização dos limites da micrópila. Não há crista mediana evidente. A sarcotesta é estriada e forma duas asas bem desenvolvidas na região lateral da semente, medindo cerca de 5,8 mm nas laterais e 7,4 mm na região basal (*sar* na Figura 5B). A relação largura máxima da testa / largura máxima do nucelo (LT/LN) é de 0,41 a 0,69. As estrias que recorrem a semente são conectadas formando retículos característicos.

**Discussão e Comparações:** Esses espécimes caracterizam-se por seu formato bastante circular, pelos prolongamentos na região apical e basal do nucelo e pelo grande desenvolvimento da sarcotesta. A relação LT/LN de 0,41 a 0,63 nos permite inferir que os espécimes estudados classificam-se dentro do gênero *Samaropsis*.

*Samaropsis seixasi* (White) Seward (1917:351, figura-texto 502F), descrita para o Permianos de Santa Catarina, tem sido registrada em sítios no Rio Grande do Sul (CAZZULO-KLEPZIG *et al.*, 1980, Est. I, fig. 1; GUERRA-SOMMER; CAZZULO-KLEPZIG, 2000, fig. 5c). Apesar de semelhantes, o material estudado diferencia-se da espécie de Santa Catarina por possuir sarcotesta mais desenvolvida e com estriações características que não são evidenciadas ou descritas na testa de *S. seixasi*.

Dentre todas as espécies descritas na literatura consultada, àquela que mais se assemelha aos espécimes estudados é a *Samaropsis Kurtzii* Leguizamón (1971:261, Lam. I, figs 1, 2, 3) do Permiano Inferior da Argentina, pois exhibe as características diagnósticas, tais como contorno subcircular e sarcotesta alada tal qual os espécimes brasileiros. O nucelo de forma aguda nas regiões apical e basal e sua superfície, assim como da sarcotesta, recorrida por fibras subparalelas, conectadas de forma reticular acentuam a semelhança entre o material estudado e a espécie argentina. A presença de um grande sinus apical e basal no material brasileiro corrobora sua classificação em *Samaropsis kurtzii*. Cabe salientar, por fim, que os espécimes

brasileiros diferem da espécie argentina no que se refere ao tamanho geral da semente, sendo os primeiros ligeiramente maiores, ultrapassando as dimensões máximas estabelecidas para os espécimes argentinos em cerca de 2 mm no comprimento e 3 mm na largura da semente. Essa tênue diferença de tamanho não pode ser considerada distintiva, uma vez que autores como Archangelsky (2000) e o próprio Leguizamón (1971) salientaram que uma das principais feições diagnósticas dessa espécie é a sua grande variabilidade no tamanho.

*Samaropsis* sp. aff. *S. millaniana* Oliveira & Pontes 1976

(Figura 5F)

**Material :** MP-Pb 3941, MP-Pb 3944A-B, MP-Pb 3946A-E, MP-Pb 3947, MP-Pb 3951A,C, MP-Pb 3954B, MP-Pb 4030A-B.

**Ocorrência:** Nível fossilífero 8 (= N8) da Formação Rio Bonito, conforme Iannuzzi et al. (2003a, 2003b).

**Idade:** Eopermiano (Artinskiano precoce).

**Descrição:** Sementes de simetria bilateral e contorno geral arredondado. O comprimento total da semente varia de 6,2 a 8,5 mm e sua largura de 5,0 a 7,4 mm. A região apical é arredondada à levemente aguda, diferenciando-se da região basal que tem contorno bem arredondado. O nucelo é estriado, com seu ápice levemente agudo e sua base arredondada, medindo em torno de 5,0 a 7,2 mm de comprimento por 2,8 a 5,0 mm de largura. A micrópila é emarginada (m na Figura 5F). Uma fina linha, que lembra a crista mediana, pode ser visualizada na região basal de alguns espécimes (MP-Pb 3946C, 3946 D). A diferenciação da testa não é evidente em todos os espécimes, aqueles que apresentam tal diferenciação (MP-Pb 3941, 3951) possuem uma esclerotesta muito tênue, com medidas entre 0,2 e 0,25 mm. A sarcotesta é evidente, mede entre 0,8 e 1,3 mm e apresenta estriações que seguem o contorno da semente; sua região basal é marcada por uma cicatriz que pode corresponder à cicatriz de inserção da semente na frutificação e/ou planta-mãe. A relação largura máxima da testa / largura máxima do nucelo (LT/LN) fica em torno de 0,22 a 0,38.

**Discussão e comparação:** As características que mais diferenciam esses espécimes são o seu contorno arredondado e suas fortes estriações que se confundem com os limites da testa. A dificuldade na visualização da diferenciação da testa torna difícil a classificação dessas sementes, enquadrando-as num daqueles casos considerados intermediários entre

*Samaropsis* e *Cordaicarpus*. Deste modo, é fundamental a aplicação do método proposto por Oliveira & Pontes (1976, modificado por MILLAN, 1994) para a classificação em nível genérico do material analisado. Os valores da relação LT/LN obtidos estão entre 0,22 e 0,38, o que inclui esse material no gênero *Samaropsis*.

Aplicando o “Esquema de Maithy” (1965) modificado por Millan (1974a, 1994), os espécimes estudados seriam incluídos no grupo das “sementes platispérmicas sem crista mediana, de forma oval/elíptica e sarcotesta sem sinus”. Este corresponde ao Grupo 1 do “Esquema de Maithy”, no qual estão inseridas as espécies *Samaropsis dolianitii* Millan (1977b:591, Est. III, figs 2-5), e *Samaropsis itapevensis* Millan (1995:123, Est.I, figs. 6-7). O material analisado assemelha-se a *Samaropsis dolianitii*, do Permiano da Bacia do Paraná, apenas por possuir uma testa indiferenciada com sarcotesta e nucelo estriados. Além disso, a relação LT/LN deste material é bem inferior a de *S. dolianitii*. Ao descrever essa espécie Millan (1977b) utiliza o termo “núculo” que indica um nucelo circundado por uma capa (= esclerotesta). O comprimento do que Millan (1977b) chama de “núculo” é em torno de 2,5 mm e a largura entre 1,0 e 1,5 mm, o que indica uma estrutura bem menor do que a do respectivo nucelo dos espécimes deste estudo.

O material identificado como *S. aff. millaniana* pode ser comparado a *S. itapevensis*, do Carbonífero Superior da Bacia do Paraná. O comprimento e a largura médios das duas espécies são compatíveis. No entanto, a escassez de estriações na testa de *S. itapevensis* distingue as duas formas, uma vez que os espécimes aqui analisados possuem abundantes estriações nessa estrutura. Além disso, a relação LT/LN de *S. itapevensis* fica entre 0,33 e 0,4, sendo em média, ligeiramente maior do que a dos espécimes aqui estudados.

Os espécimes estudados assemelham-se a *Samaropsis millaniana* Oliveira & Pontes (1976, p. 52L, Est V, fig 1-3) em medidas de comprimento, largura e espessura da sarcotesta. A forma romboidal e a superfície estriada asseguram uma forte correspondência entre material aqui estudado e *S. millaniana*. A relação LT/LN de *S. millaniana* é outra característica que se enquadra no intervalo de variação obtido para os espécimes estudados. Entretanto a curta crista mediana que parece ser uma característica determinante para a espécie descrita por Oliveira & Pontes (1976) não é evidente na maioria dos espécimes estudados, estando presente em apenas três espécimes (MP-Pb 3946A, 3946C, 4030). *Samaropsis millaniana* aparece entre as sementes do Grupo 2 do

“Esquema de Maithy” (in MILLAN, 1994), caracterizadas por crista mediana e sinus desenvolvidos em ambas extremidades.

*Samaropsis* sp. aff. *S. rigbyi* Millan 1977

(Figura 5A)

**Material:** MP- Pb 3693

**Ocorrência:** Nível fossilífero 4 (= N4) do topo do Grupo Itararé, conforme Iannuzzi et al. (2003a, 2003b).

**Idade:** Eopermiano (Sakmariano tardio).

**Descrição:** O espécime estudado corresponde a uma semente de simetria bilateral, de contorno geral arredondado à oval, com sinus apical e que possui um comprimento máximo de 15,2 mm e largura aproximada de 8,6 mm. O nucelo do espécime é estriado e com ápice agudo e base arredondada. Seu comprimento é de 9,4 mm e sua largura em torno de 6,7 mm. Não há presença de crista mediana e a micrópila não se encontra bem preservada. O espécime possui uma testa diferenciada, sendo que a camada mais interna, a esclerotesta, possui ápice agudo e base arredondada. Sua espessura é de aproximadamente 0,4 mm e mantém-se constante em torno de todo o nucelo. A sarcotesta, estrutura mais externa, está muito bem desenvolvida, medindo em torno de 2,8 mm de largura. Sua superfície é estriada e sua região basal não está bem visível. A relação largura da testa / largura do nucelo (LT/LN) é de 0,41.

**Discussão e Comparação:** A diferenciação da testa evidente e a relação largura da testa / largura do nucelo (LT/LN) 0,41 nos permitem inferir que o espécime estudado classifica-se dentro do gênero *Samaropsis*. Apenas um espécime foi encontrado deste morfotipo, o que dificulta uma melhor comparação com as espécies já descritas na literatura. Dentre as formas comparadas, *Samaropsis rigbyi* Millan (1977b:587, Est.II, figs. 2-10), do Permiano da Bacia do Paraná, é a espécie que mais se assemelha morfologicamente ao espécime descrito nesse estudo. As dimensões relativas ao comprimento e a largura da semente, a presença de sinus apical e basal, a forma ovada do nucelo e seu ápice agudo são características comuns entre o material analisado e *S. rigbyi*. Finas estriações são também visíveis na região apical do nucelo de ambos os materiais. A presença de uma estrutura embrionária em *S. rigbyi*, ausente em Mp-Pb 3693A, põe em dúvida, porém, a semelhança entre as formas. A ausência dessa pode ser resultado da preservação que não permite visualizar o embrião, ou devido ao grau de

desenvolvimento da semente. Pode-se, até mesmo, aventar a hipótese que isto seja resultado de uma variação intra-específica. Assim sendo, tendo em vista tratar-se de um único espécime, prefere-se por hora considerar o mesmo apenas afim à *S. rygbyi*.

*Samaropsis* sp. 1

(Figura 5C-D)

**Material:** MP-Pb 3942, MP-Pb 3956, MP-Pb 3958, MP-Pb 4031.

**Ocorrência:** Nível fossilífero 4 (= N4) do topo do Grupo Itararé; nível fossilífero 8 (=N8) da Formação Rio Bonito, conforme Iannuzzi et al. (2003a, 2003b).

**Idade:** Eopermiano (Sakmariano tardio – Artinskiano precoce).

**Descrição:** Sementes lisas, de simetria bilateral, preservadas na forma de impressões e de contorno geral indefinido, uma vez que seus limites não foram bem preservados. O comprimento total da semente varia em torno de 28 a 30 mm e sua largura em torno de 20 mm. O nucelo possui ápice agudo e base acuminada à cordada. Possui superfície lisa e comprimento entre 18,0 e 21,6 mm e largura entre 13,2 e 17,8 mm. Um dos espécimes apresenta uma crista mediana (MP-Pb 3942) que não se prolonga por toda sua extensão. A micrópila, quando preservada, é emarginada e, em um espécime (MP-Pb 3956), aparece aberta em forma de “V”. A testa é diferenciada, sendo a mais interna, esclerotesta, fina e de espessura constante em torno do nucelo, que varia de 0,7 a 1,7 mm. Esta possui ápice agudo e base com um prolongamento que parece ser a preservação de um pedúnculo de inserção da semente, sendo que essa estrutura não é visível em todos os espécimes (*esc* na Figura 5C). A sarcotesta é bem mais delicada e, por isso, não teve sua estrutura preservada por completo na maioria dos espécimes. Seu maior desenvolvimento se encontra na região basal da semente, onde mede de 4,0 a 6,5 mm de espessura, diminuindo sutilmente até o ápice, onde assume medidas em torno de 2,7 mm (*sar* na Figura 5C). A relação largura da testa / largura do nucelo (LT/LN) dos espécimes estudados fica entre de 0,38 e 0,45.

**Discussão e comparação:** Trata-se de uma semente platispérmica, de nucelo cordiforme liso com uma testa visivelmente diferenciada em uma sarcotesta muito delicada que, por isso, quando presente, encontra-se incompleta. Essa diferenciação evidente da testa e a relação LT/LN de 0,38 a 0,45 permitem classificar os espécimes no gênero *Samaropsis*.

Não há, na literatura consultada, nenhuma espécie já descrita que se assemelhe a estes espécimes. Por outro lado, devido à precária preservação da sarcotesta e pela escassez de espécimes analisados não é prudente propor, por hora, uma nova espécie. Afirma-se, porém, que há grande probabilidade de tratar-se de um novo táxon.

*Samaropsis* sp. 2

(Figura 5E)

**Material:** MP-Pb 3706, MP-Pb 4053.

**Ocorrência:** Nível fossilífero 4 (= N4) do topo do Grupo Itararé; nível fossilífero 8 (= N8) da Formação Rio Bonito, conforme Iannuzzi et al. (2003a, 2003b)

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio – Artinskiano precoce).

**Descrição:** Semente lisa, de simetria bilateral e contorno geral indefinido devido sua precária preservação. O comprimento total da semente não foi obtido, pois todos os espécimes analisados estão incompletos, sendo maior que 10,6mm. A largura varia de 4,3 a 5,4 mm. O nucelo possui o ápice agudo e a base cordada, com comprimento de até 7,9 mm e largura entre 4,3 e 5,7 mm. Em nenhum dos espécimes analisados é possível visualizar a micrópila, devido à incompleta preservação da porção apical das sementes. A crista mediana aparece sutilmente em apenas um dos espécimes analisados (MP-Pb 4053). A testa é diferenciada, sendo que a esclerotesta tem a base acuminada, com um prolongamento de 2,1 mm de comprimento, enquanto que o restante de sua espessura em torno do nucelo mantém-se em cerca de 0,5 mm. A sarcotesta é assimétrica, seguindo seu eixo longitudinal, apresentando sua maior espessura na região basal da semente, onde mede cerca de 2,0 mm, e a menor na região lateral, onde alcança 1,0 mm. A região apical não está preservada em nenhum dos espécimes. A relação largura máxima da testa / largura máxima do nucelo (LT/LN) varia de 0,46 a 0,60.

**Discussão e Comparações:** Esses espécimes caracterizam-se por um prolongamento na base da esclerotesta. A diferenciação da testa evidente e a relação LT/LN de 0,46 a 0,60 permitem inferir que os espécimes estudados classificam-se dentro do gênero *Samaropsis*.

Apenas dois espécimes deste morfotipo foram constatados, o que dificulta uma melhor comparação com as espécies já descritas na literatura. Além disso, o fato dos espécimes analisados possuírem apenas a região basal preservada, dá margens para muitas comparações errôneas com as espécies já descritas, uma vez que a forma do ápice e a forma geral da sarcotesta são características diagnósticas

fundamentais e não se encontram preservadas nestes. Deste modo, opta-se por não fazer maiores inferências sobre a classificação taxonômica do material estudado, aguardando-se o achado de espécimes mais completos para que se possa elucidar esta questão.

## CONCLUSÕES

A análise taxonômica de sementes preservadas em diferentes níveis estratigráficos no afloramento Morro do Papaléo (Grupo Itararé, Formação Rio Bonito) permitiu identificar diversas morfoespécies do gênero *Samaropsis*. Entre os resultados mais significativos está a identificação de uma nova morfoespécie, *Samaropsis gigas* nov. sp., em três níveis fossilíferos (N4, N7, N8) que se distribuem do topo do Grupo Itararé (N4) até a porção médio-superior da Formação Rio Bonito, Grupo Guatá (N7, N8). A partir disso, sugere-se um intervalo que vai do Sakmariiano tardio ao Artinskiano precoce para ocorrência de *S. gigas* nov. sp.

É registrada, pela primeira vez, para o topo do Grupo Itararé (Sakmariiano tardio) na Bacia do Paraná, a presença de impressões de sementes atribuídas à *Samaropsis kurtzii* Leguizamón, espécie originalmente registrada para a localidade de Bajo de Véliz (Asseliano-Sakmariiano) na Bacia de Paganzo, nordeste da Argentina.

Formas similares a espécies antes restritas as porções mais ao norte da Bacia do Paraná, i. é *Samaropsis* aff. *millaniana* e *Samaropsis* aff. *rigbyi*, são reportadas. Deste modo, formas afins a *S. millaniana* Oliveira & Pontes, espécie assinalada até o momento apenas para a Formação Rio Bonito (Artinskiano), em Santa Catarina, são documentadas no topo da seção do Morro do Papaléo (N8), porção médio-superior da Formação Rio Bonito (Artinskiano precoce). Uma única forma semelhante a *S. rigbyi* Millan, descrita originalmente para o topo do Grupo Itararé (Sakmariiano), em São Paulo, foi identificada em um nível equivalente (N4) que também corresponde ao topo do Grupo Itararé na seção estudada, considerado aqui como de idade Sakmariiana. É a primeira vez que estas espécies têm sua presença aqui sugerida para os depósitos paleozóicos do Rio Grande do Sul.

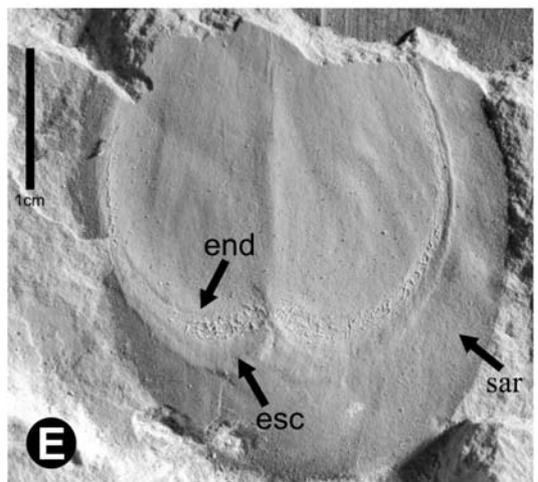
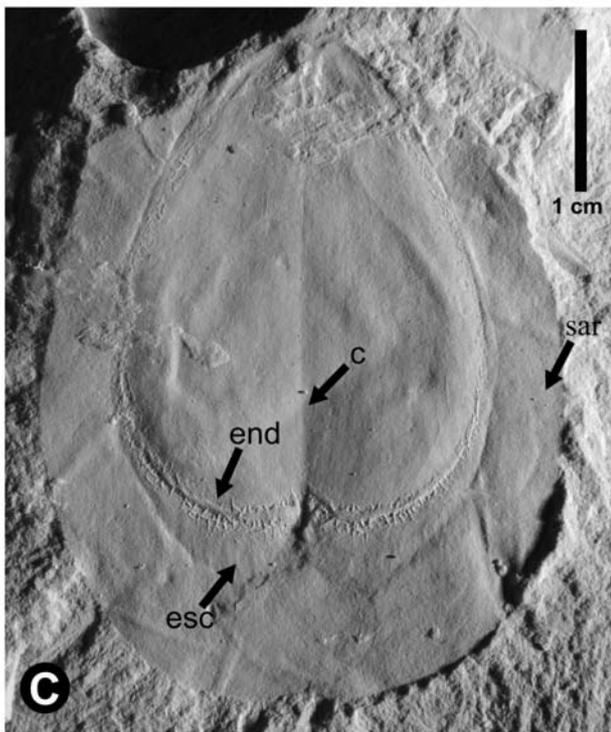
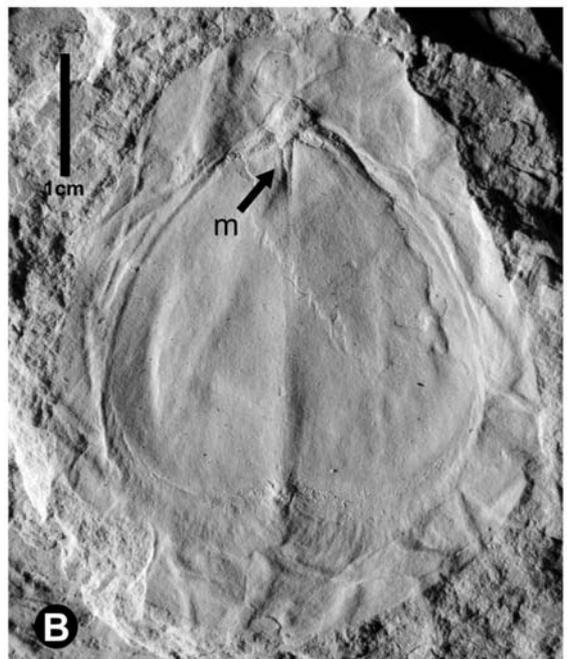
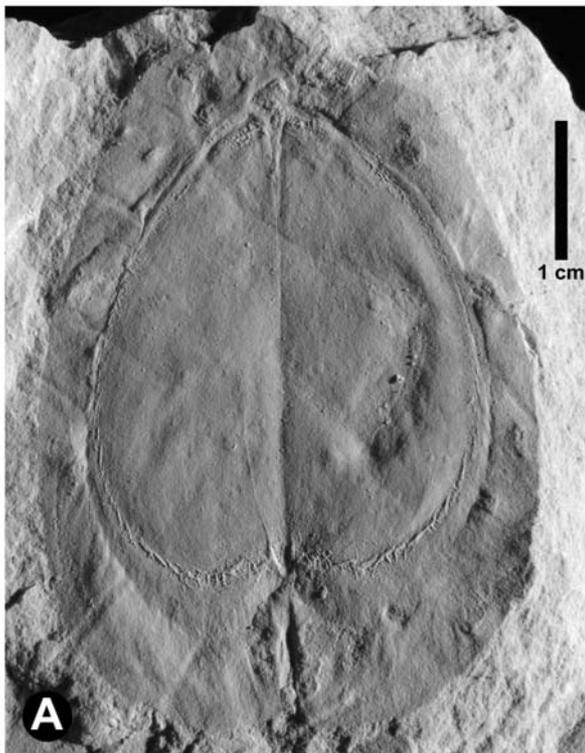
Por fim, duas possíveis formas inéditas, i. é *Samaropsis* sp. 1 e *Samaropsis* sp. 2 são relatadas para topo do Grupo Itararé (N4) e para a porção médio-superior da Formação Rio Bonito (N8). Deve-se salientar ainda que o “Esquema de Maithy”, desenvolvido por ele em 1965 e, posteriormente, aprofundado de maneira sistêmica por Millan (1994), contribuiu para que durante as análises morfológicas e

morfométricas, algumas espécies já erigidas fossem rapidamente localizadas e comparadas com o material do Morro do Papaléo. Porém, a falta de uma atualização constante impede que esse esquema comparativo seja amplamente utilizado. Os autores sugerem, neste sentido, a futura ampliação e o aprofundamento desse esquema de identificação e classificação das sementes, a fim de acrescentar os dados mais recentes facilitando os estudos comparativos.

Tendo em vista a quantidade de material inédito existente nas coleções, espera-se que os resultados aqui obtidos sirvam de estímulo para que novos estudos sejam realizados e a classificação das sementes seja ampliada, de maneira a tornar mais consistentes as informações sobre a sistemática das sementes fósseis dessa porção da bacia.

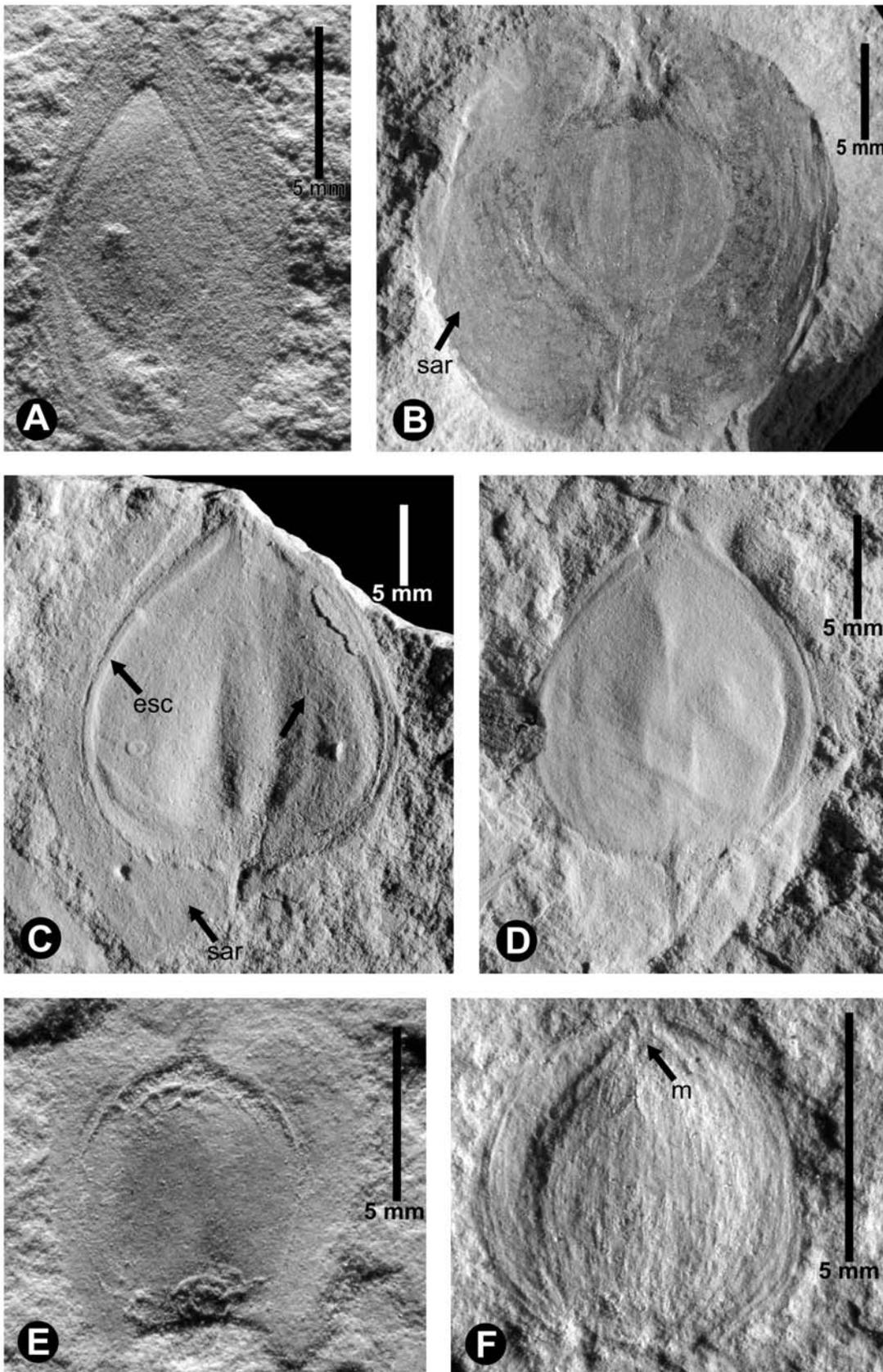
## **AGRADECIMENTOS**

JMS agradece à Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo auxílio fornecido através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq), fundamental para a realização da presente contribuição. Os autores agradecem às bibliotecárias do Instituto de Geociências (USP) pelo auxílio na localização de referências essenciais a esta pesquisa; e a Luiz F. Lopez (DPE-IG-UFRGS) pela produção do material fotográfico. Esta pesquisa foi parcialmente financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PQ 304655/2004-0) na forma de bolsa (RI), e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul na forma de auxílio concedido a RI para o desenvolvimento de projeto de pesquisa (PROAPP 04/1066-0). Esta é uma contribuição do Centro de Investigação do Gondwana (CIGO) ao Projeto IGCP 471.



**Figura 4:** *Samaropsis gigas* nov. sp., Morro do Papaléo, RS. **A**, holótipo, MP-Pb 3992, espécime completo; **B**, parátipo, MP-Pb 3423, com a micrópila emarginada (m) bem preservada, região apical da sarcotesta completa, com seu contorno característico; **C**, parátipo, MP-Pb 3990, com a região basal da semente evidenciando as três testas: endotesta (end), esclerotesta (esc) e sarcotesta (sar, bem desenvolvida) e a crista mediana (c); **D**, parátipo, MP-Pb 3994, com a região apical mostrando o detalhe da micrópila emarginada (m); **E**, parátipo, MP-Pb 3662, detalhe da região basal da com as três testas: endotesta (end), esclerotesta (esc) e sarcotesta (sar).

**Figure 4:** *Samaropsis gigas* nov. sp., Morro do Papaléo, Rio Grande do Sul State. **A**, holotype, MP-Pb 3992, complete specimen; **B**, paratype, MP-Pb 3423, showing emarginate micropyle (m), apical region of sarcotesta with the characteristic outline; **C**, paratype, MP-Pb3990, with basal region showing the three seed coats present: endotesta (end), sclerotesta (esc) and sacotesta (sar, well-developed), besides the median ridge (c); **D**, paratype, MP-Pb 3994, with apical region showing details on emarginated micropyle (m); **E**, paratype, MP-Pb 3662, detail of basal region with the three seed coats: endotesta (end), sclerotesta (esc) and sarcotesta (sar).



**Figura 5:** **A**, *Samaropsis* aff. *S. rigbyi* MP-Pb 3693A, espécime mostrando a estriação da testa e da forma geral da semente; **B**, *Samaropsis kurtzii*, MP-Pb 3010, mostrando as características diagnósticas da espécie, incluindo uma sarcotesta (sar) bem desenvolvida; **C**, *Samaropsis* sp. 1, MP-Pb 3956, espécime mostrando testa diferenciada em esclerotesta (esc) e sarcotesta (sar); **D**, *Samaropsis* sp. 1, MP-Pb 3958, espécime com sarcotesta incompleta; **E**, *Samaropsis* sp. 2, MP-Pb 3706, espécime incompleto; **F**, *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, MP-Pb 3941, espécime evidenciando superfície estriada e a micrópila (m) aberta.

**Figure 5:** **A**, *Samaropsis* aff. *S. rigbyi*, MP-Pb 3693A, specimen showing of a striate testa and general seed outline; **B**, *Samaropsis kurtzii*, MP-Pb 3010, specimen that shows a well-developed sarcotesta (sar); **C**, *Samaropsis* sp. 1, MP-Pb 3956, specimen showing coats differentiated in sclerotesta (esc) and sarcotesta (sar); **D**, *Samaropsis* sp. 1, MP-Pb 3958, specimen with incomplete sarcotesta; **E**, *Samaropsis* sp. 2, MP-Pb 3706, incomplete specimen; **F**, *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, MP-Pb 3941, specimen showing striate surface and open micopyle (m).

## REFERÊNCIAS

- ARBER, E.A.N. **Catalogue of the Fossil Plants of the Glossopteris Flora.** Department of Geology, British Museum, London, 1905, 295 p.
- ARBER, E.A.N. A revision of the seed impressions of the British Coal Measures. **Annals of Botany**, **28**:81-108, Pls. VI-VIII, 1914.
- ARCHANGELSKY, A. Estudio sobre semillas neopaleozoicas de Argentina. **Boletín de la Academia Nacional de Ciencias**, **64**:79-115, 2000.
- CAZZULO-KLEPZIG, M; GUERRA-SOMMER, M & MARQUES-TOIGO, M. Estudo macro e microflorístico do grupo Itararé (Bacia do Paraná) Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 26, 1980. **Anais...** Camburiú, SC, v.5, p. 3027-3040, 1980.
- CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M. A paleoflora do Gondwana no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, RIO DE JANEIRO, 18, 1984. **Anais...** Rio de Janeiro, v.2, p. 1020-1022, 1984.
- CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M. Paleofloristic Gondwana succession in the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Southern Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 6, **Anais...** Bogotá, p.177-192, 1985a.
- CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M.. Relationship between the taphoflora of the Itararé Group, Parana Basin, South Brasil and the Permian boundary. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA DEL CARBONÍFERO, 10, 1985. **Comptes rendus**, Madrid, v.2, p. 395-408, 1985b
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. & Arrondo, O.G. Tafloflora Permiana de Mariana Pimentel, Município de Guaíba, Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, **7**:27-44, 1977.
- GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. A tafloflora do grupo Itararé no Rio Grande do Sul: sua importância bioestratigráfica no Gondwana Sulbrasileiro. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2, 1981. **Anais...** Porto Alegre, v.1, p. 127-140, 1981.
- GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neo Paleozoic Gondwana Sequence: A preliminary palaeobotanical approach. In: INTERNATIONAL CONGRÉS DE LA STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÉRE ET PERMIEN, 12. **Comptes rendus**, Buenos Aires, v.2, p.61-72. 1993.
- GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. As floras gonduânicas do Paleozóico Superior do Rio Grande do Sul. In: Holz, M.& De Ros, L.F.(ed) **Paleontologia do rio grande do sul.** CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p. 67-84, 2000.

FEISTMANTEL, O.. The fossil flora of the Lower Gondwana. I - The flora of the Talchir-Karharbari beds. **Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica**, series 12, **3**:1-48, 1879

FEISTMANTEL, O. 1882. The fossil flora of the Lower Gondwana. Pt. 1. The fossil flora of the South Rewah Gondwana Basin. **Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica**, series 12, **4**:1-52.

FLORIN, R. Die Koniferen de Oberkarbons und des unteren Perms, Funftes Heft. **Palaeontographica**, **85B**: 244-363, 1940.

GARCIA, G.B. Cordaitales y semillas platispermicas de la Formación El Imperial (Paleozoico Superior), Cuenca San Rafael, Argentina. **Ameghiniana**, **27** (3-4):239-249, 1990.

GUTIERREZ, P.R.; GANUZA, D.G.; MOREL, E. & ARRONDO, O.G. Los Generos *Cordaicarpus* Arber y *Samaropsis* Goeppert (Semillas Platispérmicas) en el Neopaleozoico Argentino. **Ameghiniana**, **29**(1):49-68, 1992.

GUTIERREZ, P.R. & PAZOS, P. Acerca de la presenta de semillas platispermicas en la Formación Guadacol, Carbonifero, Argentina. **Ameghiniana**, **31**(4):375-377, 1994.

HØEG, O.V. & BOSE, M.N. The *Glossopteris* Flora of the Belgian Congo, with a note on some fossil plants from the Zambesi Basin (Mozambique). **Annales du Musée du Congo Belge, Sciences Géologiques**, **32**:1-107, Pls. I-XXXV, 1960.

IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G; VIEIRA, C.E.L. & PEREIRA, L.S. Reavaliação da Fitobioestratigrafia da Seqüência Gondwanica Sul-Riograndense: Estudo de Caso do Afloramento Morro do Papaléo (Bacia do Paraná, Permiano Inferior). In: I ENCONTRO SOBRE ESTRATIGRAFIA DO RIO GRANDE DO SUL: ESCUDOS E BACIAS, I, 2003. **Anais...**, Porto Alegre, UFRGS, p. 182-185, 2003a.

IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G; VIEIRA, C.E.L. & PEREIRA, L.S. Phytobiostratigraphical revaluation of the southern Brazilian Gondwana sequence (Paraná Basin, Lower Permian). In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN STRATIGRAPHY, 15, 2003. **Abstracts**, Utrecht, Netherlands, p. 240-242, 2003b.

IANNUZZI, R.; SCHERER, C.M.S.; SOUZA, P.A., Holz, M.; CARAVACA, G.; ADAMI-RODRIGUES, K; TYBUSCH, G.P.; SOUZA, J.M.; SMANIOTTO, L.P.; FISCHER, T.V.; SILVEIRA, A.S.; LYKAWKA, R.; BOARDMAN, D.R. & BARBOZA, E.G. 2006. Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS. Registro ímpar da sucessão pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná. In: SCHOBENHAUS, C. et al. (eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Volume II. Disponível em

<[http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/Sitio101\\_Morro\\_do\\_Papaleo\\_MarianaPimentelRS.pdf](http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/Sitio101_Morro_do_Papaleo_MarianaPimentelRS.pdf)>

LEGUIZAMÓN, R.R. Paleophytologia Kurtziana III. 6. Revision de las semillas platispermicas de Bajo de Los Velez (San Luis), ilustradas en el “Atlas de Plantas Fósiles de La Republica Argentina”, (F.Kurtz, 1921). **Ameghiniana**, **8** (3-4):259-264, 1971.

LELE, K.M. Studies in the Indian Middle Gondwana Flora: 3. Platispermics seeds and megaspore impressions from the South Rewa Gondwana Basin. **The Palaeobotanist**, **11** (1-2):13-18, 1963.

LELE, K.M. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 39. *Alantocarpus* gen. nov.: a new platispermic seed from de Singrauli coalfield. **The Palaeobotanist**, **17**:52-58, 1968.

MAITHY, P.K. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 18. Gymnospermic seeds and seed-bearing organs from the Karharbari beds of the Giridih coalfield, Bihar. **The Palaeobotanist**, **13** (1):45-56, 1965.

MILLAN, J.H. O gênero *Samaropsis* na flora do Gondwana do Brasil e de outros países. **Boletim do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, Brasil, 1967, 11 p. (Boletim 32).

MILLAN, J.H. As sementes platispérmicas do Gondwana face ao Esquema Maithy. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **46** (3/4):538-547, 1974.

MILLAN, J.H. Sementes platispérmicas da florula gondwanica de Monte Mor, Estado de São Paulo, Brasil. **Ameghiniana**, **14** (1-4):33-44, 1977a.

MILLAN, J.H. Sementes platispérmicas do eogondwana de Cerquilha, São Paulo, (Bacia do Paraná). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **49** (4):581-595, 1977b.

MILLAN, J.H. Sobre uma possível utilização estratigráfica de sementes gondvânicas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **52** (2):353-358, 1980.

MILLAN, J.H. O esquema de identificação e classificação das sementes gondvânicas: reatualização e análise crítica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **66** (4): 475-488, 1994.

MILLAN, J.H. Novas ocorrências de sementes platispérmicas em taflofloras associadas a camadas carbonosas do Grupo Tubarão, eogondwana da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. **Anais da Academias Brasileira de Ciências**, **67** (1):117-128, 1995.

OLIVEIRA, M.E.C.B. *Tafoflora eogondwanica da camada Irapuá, Formação Rio Bonito (Grupo Tubarão), SC*. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, V.I., 301 p., V.II, 1977, 32 p.

OLIVEIRA, M.E.C.B. & PONTES, C.E.S. Algumas observações sobre cordaitófitas da Formação Rio Bonito. Grupo Tubarão Bacia do Paraná Brasil. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 1, 1976. **Actas**, Santiago do Chile, v. 3, p. L22-L81, 1976.

OLIVEIRA, M.E.C.B. & YOSHIDA, R. *Coníferas da "Tafoflora Irapuá", Formação Rio Bonito, Grupo Tubarão em Santa Catarina*. Associação Latinoamericana de Paleobotânica y Palinologia, **Boletim** (8):39-55, 1982.

RIGBY, J.F. The Upper Palaeozoic Flora at Lauro Müller, Santa Catarina, southern Brazil. **Anais da Academias Brasileira de Ciências**, **44** (suplemento): 279-293, 1972.

SEWARD, A.C. **Fóssil Plants**. V.III. Cambridge Biology Series, London, 1917, 656p.

SEWARD, A.C & SAHNI, B. Indian Gondwana Plants. A revision. Memoirs of the Geological Survey of India, **Palaeontologia Indica**, new series, **7** (1):1- 54, Pls. 1-7, 1920.

SURANGE, K.R. & LELE, K.M. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 6. Plant fossils from Talchir beds of South Rewa Gondwana Basin. **The Palaeobotanist**, **5** (2) 82-90, 1956.

TAYLOR, T.N. & TAYLOR, E.L. **The Biology and Evolution of Fossil Plants**. 1<sup>a</sup> ed. Nova Jersey, Prentice Hall, 1993, 982 p.

WHITE, D. Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil. In: WHITE I.C., Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, **Relatório Final**, p. 558-568, 1908.

ZEILLER, R. Observation sur Quelques plants fossiles des Lower Gondwanas. Memoirs of the Geological Survey of India, **Palaeontologia Indica**, new series, **2**: 1-40, 1902.

## **CAPÍTULO 2**

“THE GENUS *CORDAICARPUS* GEINITZ IN THE LOWER PERMIAN OF THE  
PARANÁ BASIN, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL”

Juliane Marques de Souza & Roberto Iannuzzi

In: Revista Brasileira de Paleontologia, *prelo*

**THE GENUS *CORDAICARPUS* GEINITZ IN THE LOWER PERMIAN OF THE  
PARANÁ BASIN, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL**

JULIANE MARQUES DE SOUZA & ROBERTO IANNUZZI

Depto. de Paleontologia e Estratigrafia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil.

juliane.marques.souza@gmail.com; roberto.iannuzzi@ufrgs.br

**ABSTRACT:** The importance of understanding reproductive strategies in Paleozoic plants has been growing due to the advances in the paleoecological studies of plant remains. Fossil seeds have an important role in these studies because of their abundance and the morphological diversity. In the Rio Grande do Sul State, many fossil seeds-containing samples have been recovered from Morro do Papaléo, Faxinal Section and Cerro Negro outcrops. However, few studies on them have been published. This study have classified the seed specimens related to morphogenus *Cordaicarpus*, recovered from Lower Permian strata of the Paraná Basin in Rio Grande do Sul. The material studied is preserved as impressions/compressions, mainly from the uppermost Itararé Group, but also the Rio Bonito Formation. Four morphotypes have been identified, two of them belonging to previously described species while two others are new: *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus* Bernardes-de-Oliveira, *Cordaicarpus* aff. *Cordaicarpus famatinensis* Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo, *Cordaicarpus cerronegreensis* sp.nov. and *Cordaicarpus truncata* sp.nov.

**Key-words:** *Cordaicarpus*, Lower Permian, Paraná Basin, Rio Grande do Sul State, southern Brazil.

**RESUMO:** A importância da compreensão das estratégias reprodutivas das plantas paleozóicas tem aumentando à medida que avançam os estudos sobre a paleoecologia desses restos vegetais. As sementes fósseis assumem um importante papel nesses estudos, uma vez que a abundância e a diversidade de formas em que são encontradas interessam aos pesquisadores. No Rio Grande do Sul, os afloramentos Morro do Papaléo, Seção do Faxinal e Cerro Negro têm fornecido fartas amostras contendo sementes, contudo, poucos estudos sobre elas têm sido publicados no estado até o presente. Visando ampliar o conhecimento das sementes e contribuir para os estudos

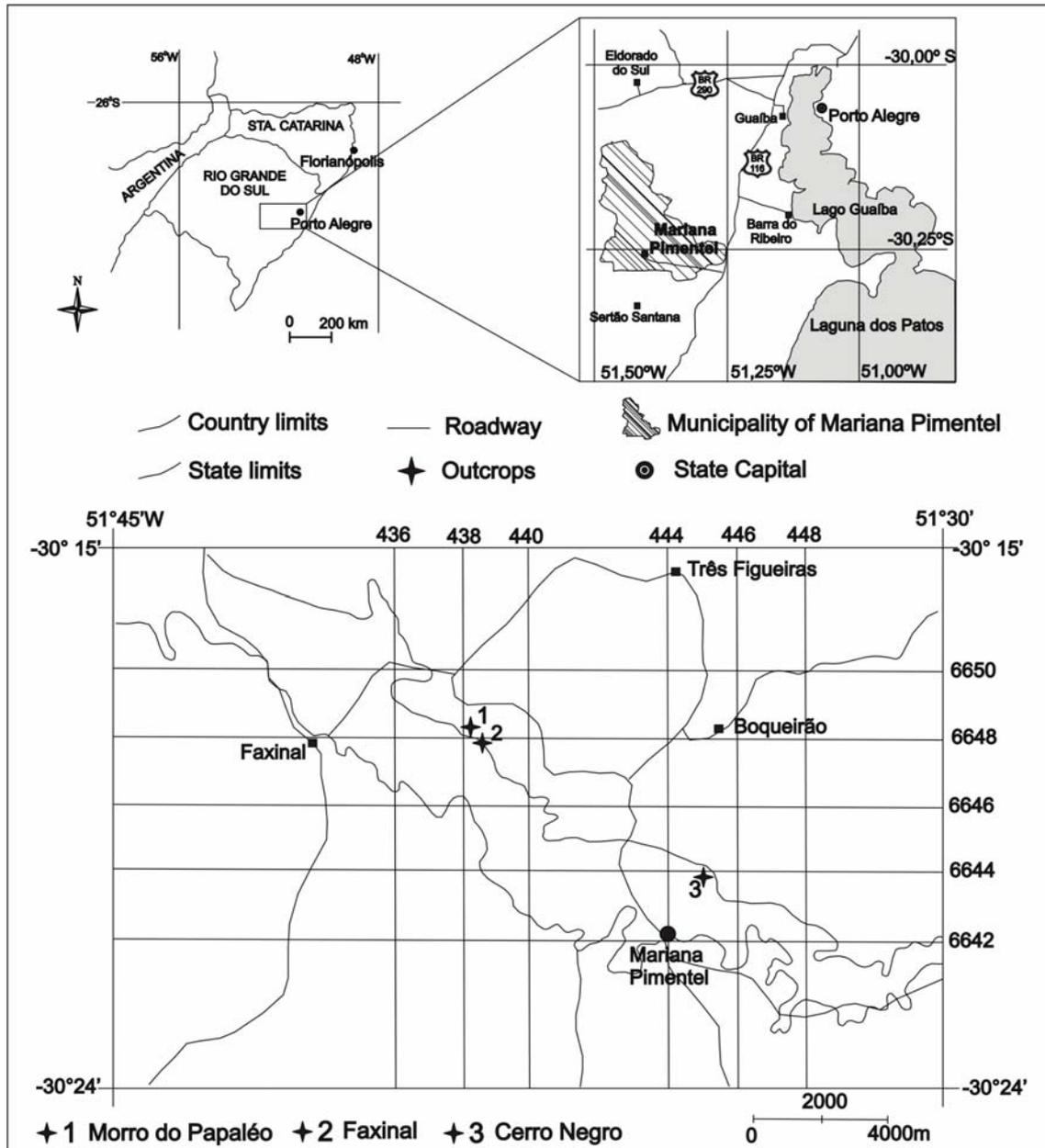
paleoecológicos que vêm sendo realizados para o Permiano Inferior da Bacia do Paraná, no Rio Grande do Sul, o presente estudo promoveu a classificação taxonômica dos diversos espécimes de sementes referentes ao morfogênero *Cordaicarpus*, coletados nos afloramentos já mencionados. O material estudado encontra-se preservado na forma de impressões/compressões e é proveniente, preferencialmente, do topo do Grupo Itararé, mas também da Formação Rio Bonito. Como resultado, obteve-se quatro morfotipos, dois deles classificados em espécies conhecidas e outros dois considerados como novas espécies, a saber: *Cordaicarpus* aff. *Cordaicarpus brasilianus* Bernardes-de-Oliveira, *Cordaicarpus* aff. *Cordaicarpus famatinensis* Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo, *Cordaicarpus cerronegrensis* nov. sp. e *Cordaicarpus truncata* nov. sp.

**Palavras-chave:** *Cordaicarpus*, Permiano Inferior, Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul, sul do Brasil.

## INTRODUCTION

Reproductive biology is a primary means by which we can deepen our understanding of plant survival strategies. One of the most common sources of evidence available in the geological record is that of fossil seeds. Consequently, the knowledge of fossil seeds has become more important, and has assumed great value to our understanding of vascular plant evolution and the dynamics of the ancient terrestrial ecosystems.

Outcrops located in the countryside from the Municipality of Mariana Pimentel, e.g. Morro do Papaléo, Faxinal Section and Cerro Negro, are among the most prominent exposures for understanding the geology and paleontological record of Permian deposits in the Rio Grande do Sul State (IANNUZZI et al., 2006, 2007) (Figure 1). In fact the abundance of plant remains in these outcrops has motivated extensive investigations on this area since the middle of last century. Detailed studies have been recently realized in these localities in order to help in the reconstruction of the floristic paleocommunities and understanding the paleoecological relations existent among the distinct floristic elements. In this context, the taxonomic analysis of reproductive structures, such as fossil seeds, becomes an important tool to solidify the database produced in parallel on the basis of other paleobotanical studies currently under way.



**Figure 1:** Location map of the outcrops (1) Morro do Papaléo; (2) Faxinal Section; (3) Cerro Negro, around the Municipality of Mariana Pimentel, in Rio Grande do Sul (modified from Iannuzzi *et al.*, 2006 and Paim *et al.*, 1983).

Fossil seeds attributed to the genus *Cordaicarpus*, as well as to the genus *Samaropsis* (subject of previous study; SOUZA; IANNUZZI, 2007), are present in abundance in the Permian of the Paraná Basin. The seeds of these genera show diversified morphologies, contributing to the material richness and to the significance of this study. Some authors published studies which contain analysis of seeds recovered from these outcrops, such as: White (1908); Corrêa da Silva & Arrondo (1977);

Cazzulo-Klepzig & Guerra-Sommer (1984, 1985a, b); Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1981, 1993, 2000). However, only the authors of the first two articles have made a complete taxonomic classification, deepening their studies to a specific level, while in the others, a classification in generic level has prevailed. Thus, the fossil seeds preserved in the Municipality of Mariana Pimentel remain, somehow or other, relatively unknown, because, even though that they are abundant and morphologically different, none specialists pay enough attention to deepen taxonomic studies since the end of 70's. However, to the São Paulo State, where occur deposits stratigraphically correlated, a lot of studies of seeds in the specific level has been continuously published by Millan (1965, 1967, 1974, 1977a b, 1980, 1994, 1995) and, more recently, by Bernardes-de-Oliveira et al. (2007). They represent an important contribution to the morphological analysis realized herein, whereas they enlarged the available Brazilian material to be used for comparisons. In this context, a detailed analysis of the seeds from above-mentioned outcrops is understood as extremely necessary, enlarging the comprehension about their occurrence as well as stratigraphic distribution in the Lower Permian strata of the Rio Grande do Sul State.

This paper gives continuity to a previous study that began with the publication of seeds belonging to genus *Samaropsis* Goeppert (SOUZA & IANNUZZI, 2007), analyzing herein the seeds classified in genus *Cordaicarpus* Geintz.

## **GEOLOGY**

The Municipality of Mariana Pimentel is located at approximately 100 km southwest of Porto Alegre, capital of Rio Grande do Sul. In its countryside, there are good exposures of the Lower Permian-rocks, in which the abundant record of plant remains. For the present study, the seeds recovered from Morro do Papaléo, Faxinal Section and Cerro Negro outcrops are presented (Figure 1).

### **Morro do Papaléo Outcrop**

Among the outcrops studied, the Morro do Papaléo, an abandoned opencast mine, has received the most attention of researchers, and furnished most of the plant material analyzed herein. The stratigraphic profile of this outcrop used for this study correspond to that one proposed by Iannuzzi *et al.* (2003a, b; 2006; 2007), in

which the uppermost portion of outcrop is showed and the phytofossiliferous levels are situated. Only the seed-containing levels are described below (Figure 2).

The lowermost fossiliferous Level N2 consists of horizontally bedded heterolithic units, composed of alternating siltstones and light to medium grey finely laminated shales. Impressions of fronds of *Botrychiopsis plantiana* and leaves of *Gangamopteris obovata*, *Glossopteris communis* and *Cordaites hislopii*, besides the *Samaropsis* and *Cordaicarpus* seeds record, compose the macrofloral contents of this level (IANNUZZI et al. 2006).

The fossil Level N4, which is stratigraphically situated at the uppermost portion of Itararé Group, is composed of light grey to reddish, horizontally laminated siltstones and silty-mudstones, in which have been preserved abundant plant impressions corresponding to stems (*Paracalamites*-type), rhizomes (*Pinnularia*-type), leaf shoots related to *Phyllothea australis* (= *P. indica*) and *Stephanophyllites* cf. *sanpaulensis*, foliage assigned to *Glossopteris communis*, *G. indica*, *G. occidentalis*, *Gangamopteris obovata*, *G. buriadica*, *Gangamopteris* sp. 1, *Gangamopteris* sp. 2, *Cordaites hislopii*, *Cheirophyllum speculare*, *Kawizophyllum* sp. and ?*Dicranophyllum* sp. (IANNUZZI et al., 2006), and seeds for the *Samaropsis*-type, e.g. *S. gigas*, *S. kurtzii*, *S. aff. rigbyi*, *Samaropsis* sp. 1 and *Samaropsis* sp. 2 (SOUZA; IANNUZZI, 2007), and the *Cordaicarpus*-type, the last the subject of this paper.

The fossiliferous Levels N7 and N8 are situated in the uppermost part of this outcrop, considered as belonging to the Rio Bonito Formation, Guatá Group. They consist of white to light grey, massive to horizontally laminated silty-mudstone, lenticular layers up to 2m thick, interbedded with white, coarse- to very coarse-grained tabular sandstones with undulate and erosive contacts, showing internally sets of planar and trough cross-bedded. In the silty-mudstone bodies were found part of the material examined in this study, which consist of seeds *Samaropsis*-type (*S. gigas*, *S. aff. millaniana*, *Samaropsis* sp. 1, *Samaropsis* sp. 2; SOUZA; IANNUZZI, 2007) and *Cordaicarpus*-type. In association, have been recovered a lot of impressions relative to stems of *Brasilodendron pedroanum* and *Cyclodendron* sp.; leaves of *Glossopteris communis*, *G. indica*, *G. occidentalis*, *Gangamopteris obovata* var. *major*, *Cordaites hislopii*, *Kawizophyllum* sp. and *Ginkgophytopsis* sp.; and fronds of *Pecopteris pedrasica*, *Pecopteris* sp., *Asterotheca* sp., *Sphenopteris* sp. and *Neomariopteris* sp., as well as rare *Arberia*-type fructifications (IANNUZZI et al., 2006; VIEIRA et al., 2007).

Iannuzzi et al. (2003a, b; 2007) have proposed that the levels N1 and N4 correspond to deposits of marginal environments, lagoonal to lacustrine systems, whereas levels N7 and N8 represents strata typically found in flood plains and other subenvironments associated with channel deposits of a braided fluvial system.

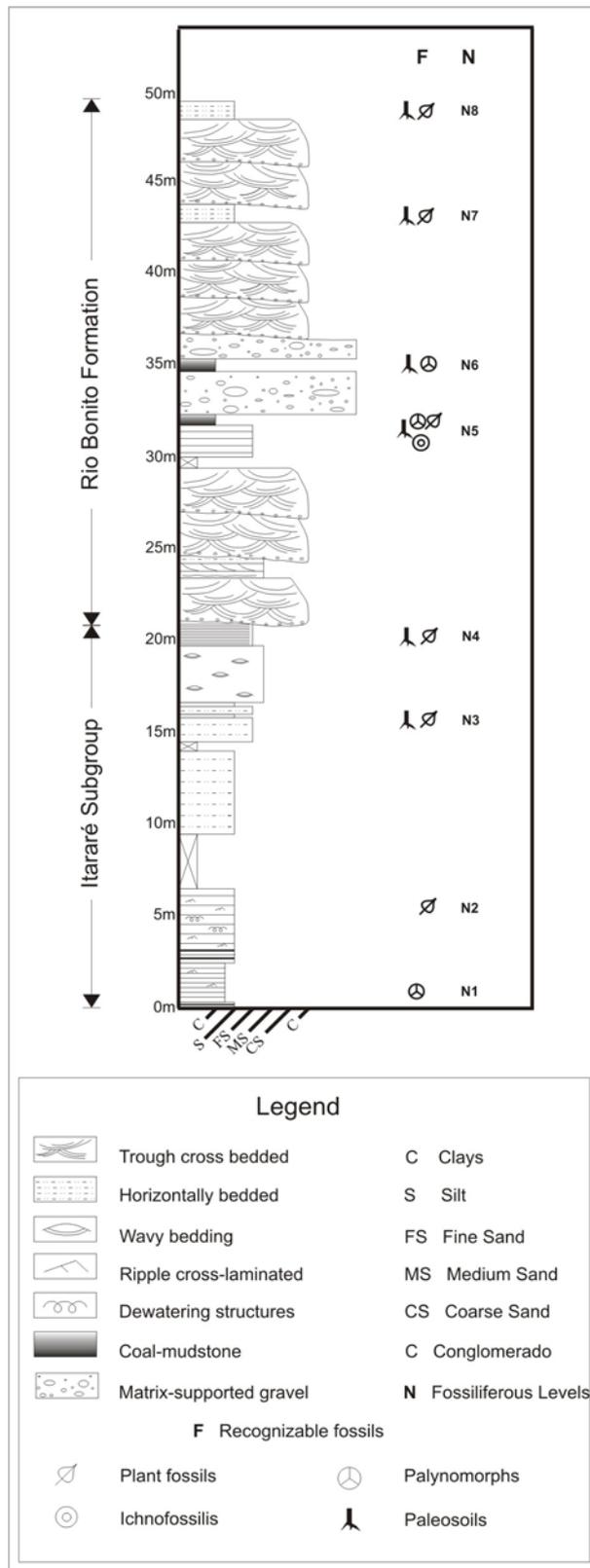
### **Faxinal Section Outcrop**

The Faxinal Section outcrop never has been described before. It is located at approximately 500 m southwest of Morro do Papaléo Outcrop. However, The Faxinal Section corresponds to “white facies” found in the basal portion of the Faxinal Outcrop, another near exposure situated few kilometers far from this area, which was described by Corrêa da Silva (1970, 1978) and Andreis et al. (1979). Due this lithological similarity, this exposure is named herein as “Faxinal Section”.

The “white facies” of Faxinal Section Outcrop, which is predominantly light grey in color, is composed of horizontally bedded heterolithic units finely laminated. A not well-developed paleosoil is also registered in this exposure. Upwards of the section, the mudstone and the fine-grained sandstones are the most common lithologies. This facies, assigned to the lowermost portion in the Faxinal Outcrop, has been interpreted by Andreis et al. (1979) as a lacustrine environment (or lagoonal, authors op.) of shallow but stable waters. Actually, the well preserved plants remains, the presence of paleosoil and the sedimentary structures suggest that this deposit was generated in marginal environment of lentic-type water bodies.

In the Rio Grande do Sul State, this facies is stratigraphically situated at the uppermost portion of Itararé Group and represents the last stage of the large lakes fulfill at the end of the post-glacial sedimentary cycle of this unit (CÔRREA DA SILVA, 1978; ANDREIS et al., 1979). Considering the plant fossil record, leaves of *Glossopteris communis* and *Gangamopteris* spp., small stems (*Paracalamites*-type) and leaf shoots related to genera *Phyllothea* and *Stephanophyllites*, as well as many fragmented fronds of *Botrychiopsis plantiana*, have been recovered by the authors from this exposure.

Faxinal Section Outcrop not only contains a taphoflorulae similar to one found at Faxinal Outcrop, but also corresponds to the same stratigraphic interval, according to data published by Côrrea da Silva (1978) and Guerra-Sommer et al. (1980).



**Figure 2:** Stratigraphic section of the Morro do Papaléo outcrop showing the plant-bearing levels (N1, N2, etc ...) as described in the text (Modified from Iannuzzi *et al.*, 2007).

### **Cerro Negro Outcrop**

The last outcrop that furnished samples for the present study is Cerro Negro. Few prior studies have taken this outcrop into account, the only one that can be used to its characterization was made by Delaney (1964). According to Delaney (1964, p.166), the stratigraphic section in general consists of: basal conglomerates (facies 1), followed upwards by fine-grained sandstones and clayey-siltstones (facies 2), which are overlaid with carbonaceous shales and siltstones (facies 3), occasionally interbedded with lenses of limestones and quartz sandstones, and finish at top with a thick covering of conglomeratic, quartz sandstones interbedded with sandy siltstones (facies 4). No information about the fossil-containing of this outcrop is furnished by the author. However, the samples studied herein, reveal leaves of *Glossopteris* and *Cordaites* and seeds of genus *Samaropsis*, corresponding to facies 3 (= carbonaceous shales and siltstones).

### **MATERIAL AND METHODS**

For determination of the distinct morpho-groups we used the same criteria for descriptive analysis commonly accepted by most authors to study the Paleozoic seeds. These include the follow characteristics proposed by Oliveira & Pontes (1976, revalued by Millan, 1994), Taylor & Taylor (1993), Millan (1994) and Archangelsky (2000): i) symmetry axis: platispermic *versus* radiospermic; ii) shape and differentiation of testa into sarcotesta, sclerotesta and endotesta; iii) shape and surface of nucellus; iv) relation between maximum width of testa and maximum width of nucellus (= WT/WN); v) presence or absence of the median ridge on the nucellus; vi) establishment of the seed length from the longest seed measurement obtained parallel to the symmetry axis; vii) establishment of seed width measured transverse to the symmetry axis; and viii) thickness as an expression of the testa measurements. These criterions are useful with seeds preserved as compressions and impressions because they are applicable to flat and bi-dimensional structures. Once the morphometric analysis was concluded, the comparison with the Gondwanan seeds already described was carried out. For this last task, the study made by Millan (1994) was used extensively, being the start point for the comparative analysis.

All of the material examined is preserved as either compressions or impressions. This fact should be constantly taken into account because the preservation

quality can create morphological distortions which can induce to the erroneous interpretations, once some plant structures do not get preserved or suffer an irregular flattening that change their original shape. These taphonomic bias could make up, or even so suppressed, for the morphologic analysis by the use of a high number of specimens, what allows a more accurate examination of small distortions present, in order to decide if they can be or not be consider as diagnostic features.

The material studied are housed at the Departamento de Paleontologia e Estratigrafia (DPE), Instituto de Geociências (IG), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), under MP-Pb code. In the register number, small letters identify part and counter-part of a same sample, as for instance MP-Pb 4392a and MP-Pb 4392b, whereas capital letters identify the different specimens found in the same rock sample, as for instance MP-PB 2608 A, MP-Pb 2608 B and MP-Pb 2608 C.

## SYSTEMATIC PALEONTOLOGY

The genus *Cordaicarpus* was originally erected by Geinitz (1862), but afterwards Seward (1917, p. 354) re-defined it to avoid confusion with other genera already described, affirming that this genus refers to “platyspermic seeds preserved as casts or impressions, having a comparatively narrow border enclosing an ovate or cordate-ovate nucule”. Seward established the differences between *Cordaicarpus* and *Samaropsis*, indicating that the last genus is distinguished, according to the author, by its differentiated testa composed of one inner narrower border and the other outer and more delicate border. Later, complementary diagnostic characters were proposed by Maithy (1965) and Millan (1974), allowing to include in the genus *Cordaicarpus* specimens that present a narrow sarcotesta, with or without median ridge, and obtuse or acuminate apex.

According to Millan (1994), the first step to define either genus of Paleozoic seed in Gondwana is to verify the presence, or not, of a differentiated testa. Considering those cases where due to preservational reasons the testa differentiation is not evident, one can use the method proposed by Oliveira & Pontes (1976), after reevaluated by Millan (1994), in which the specimens that present a relation between maximum width of testa and maximum width of nucellus (WT/WN) over or equal to 0.22 ( $\geq 1/4,5$ ) should be assigned to the genus *Samaropsis*, while the ones that show this relation under 0.22 ( $< 1/4,5$ ) belong to *Cordaicarpus*.

Archangelsky (2000), in her revision on the main genera of Paleozoic seeds, has concluded that the genus *Cordaicarpus* is composed of “impressions and compressions of platyspermic seeds, with ovate to circular outline and acuminate to slightly emarginated apex, without extending beyond the border of the main body of the seed; the sarcotesta is narrow when present”.

For the present study, the differentiated testa was used as the main distinctive character separating the genera *Samaropsis* and *Cordaicarpus*. At the intermediary cases, the method proposed by Oliveira e Pontes (1976) and Millan (1994) was used to justify the inclusion of the specimens in *Cordaicarpus*.

Finally, it is important to emphasize that, according to Oliveira e Pontes (1976), in Brazil, this genus *Cordaicarpus* was previously designed by authors such as White (1908) and Oliveira (1935) as either *Cardiocarpon* or *Cardiocarpus*, being corrected by Millan (1965) after he considers the generic emend previously proposed by Seward (1917).

## GYMNOSPERMAE

### *Semina Incertae Sedis*

#### *Cordaicarpus* Geinitz 1862

#### *Cordaicarpus cerronegreensis* sp. nov.

#### Figure 3

**Holotype:** MP-Pb 2608C.

**Paratypes:** MP-Pb 2608A, B, D; 2613A-E; 4392a/b A-D; 4393A.

**Locality:** Cerro Negro and Faxinal Section, in Mariana Pimentel, RS.

**Occurrence:** uppermost Itararé Group and Rio Bonito Formation

**Age:** Early Permian (Late Sakmarian – Early Artinskian).

**Etymology:** From the name given to the fossiliferous site Cerro Negro from which the holotype specimen was recovered.

**Diagnosis:** Platyspermic seeds; general outline oval showing surface densely striated, length from 4,6 to 7,0 mm and width between 2,6 and 3,7 mm. Elongated, acute apex, rounded base with scar at point of attachment to seed stalk. Nucellus follows same outline as seed except for apical portion where it tapers to a sharp acute apex; a longitudinal striated surface, furrows converge at both apical and basal portions. Testa

is undifferentiated and also striated as nucellus, becoming widest towards apical portion.

**Description:** Striated seeds, bilateral symmetry, general outline oval at the longitudinal axis, with elongated and acute apex and rounded base (Figure 3A). It is characterized by a variable length, between 4.6 to 7.0 mm, and a width from 2.6 to 3.7 mm.

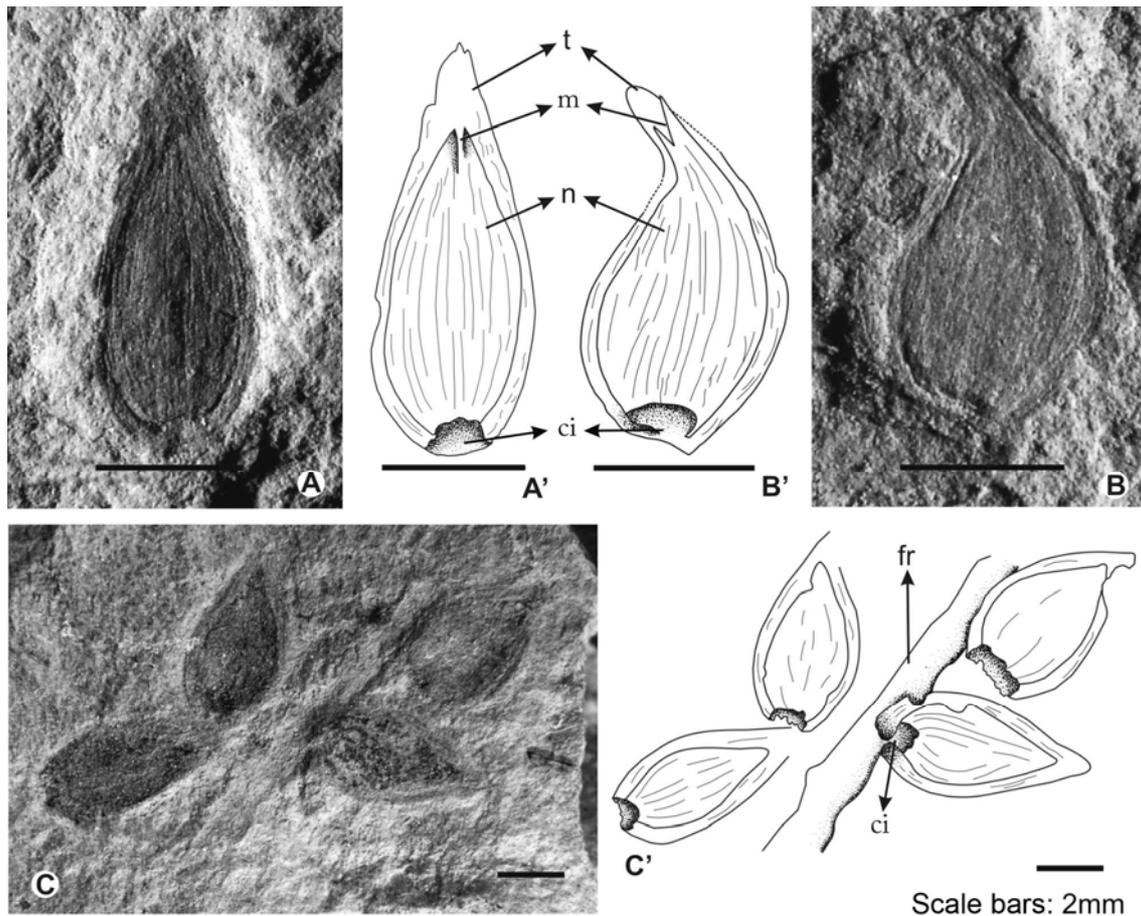
The nucellus, the innermost part of the seed, has an acute apex and a rounded base, with 4.0 to 5.8 mm in length and 2.0 to 2.8 mm in width. There is no evident median ridge. The micropyle is marked like a “V” at the apex (Figures 3 A-B, A'-B'). The striations run lengthwise on the nucellus surface and converge at the apex and base, following the standard shape of the seed.

The testa is undifferentiated, striated, with a general oval outline, acute apex and rounded base. The thickness of the testa is variable surrounding the nucellus: the basal portion is thinnest, measuring between 0.2 and 0.3 mm, thickening at the nucellus apical portion, where the measure is 0.4 to 0.9 mm (Figures 3 A'-B'). At the basal portion is evident, at many specimens, the insertion's scar of the seed at the fructification (MP-Pb 4392 a/b) (Figures 3 A-C, A'-C'). The relation between maximum width of testa and maximum width of nucellus (WT/WN) of the examined specimens is around 0.08 and 0.19.

**Discussion and comparison:** According to the method proposed by Oliveira & Pontes (1976) and revalued by Millan (1994), the WT/WN relations obtained from the specimens include them in the genus *Cordaicarpus*.

They are seeds characterized by an acute apex, rounded base and striated surface. The significant amount of specimens examined allows a higher level of reliability in relation to the morphological characters and morphometrical data obtained, minimizing the possible preservational problems.

The Maithy scheme (1965), changed later by Millan (1974a, Tab. IX; 1994, Tab. 1), permits a systematic classification of all Paleozoic seed groups preserved as compressions-impressions, the follow determination of the material studied was possible: “platispermic seeds, without median ridge, with obtuse/acute apex or acuminate”. From this, some comparisons can be made with others species already described at the literature, such as: *Cordaicarpus ovatus*, *C. rocha-camposii*, *C. acuminatus*, *C. chicariensis*, *C. irapuensis*, *C. zeillerii*, *C. emarginatus*, *C. mucronatus* and *C. prolatus*.



**Figure 3:** *Cordaicarpus cerronegreensis* sp. nov., Cerro Negro and Faxinal Section, RS. **A**, holotype, MP-Pb 2808C, complete specimen; **A'**, holotype illustration showing the testa thickening at the apical portion, the opened micropyle as a “V” shape, the striated nucellus and the scar of the seed insertion on the fructification; **B**, paratype, MP-Pb 2608A, showing a curvature at the general seed’s structure, indicating a probable taphonomic feature; **B'**, paratype illustration MP-Pb 2608A, indicating the opened micropyle as a “V”; **C**, paratype, MP-Pb 4392b, fructification showing the seed insertion position, as well as the scars from the detachment process; **C'**, fructification illustration indicating the insertion scars. **Abbreviations:** **ci**, insertion scar; **fr**, fructification; **m**, micropyle; **n**, nucellus; **t**, testa. Scale bars: 2mm.

*Cordaicarpus ovatus* Walkom (1935, p.461, pl. XIX, fig. 8) and *Cordaicarpus rocha-camposii* Oliveira (1976, p. L44, pl. IV, figs. 9-11) have a general

rounded shape and a smooth surface, and, in this way, are not comparable with the material examined herein.

*Cordaicarpus acuminatus* Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo (1992, p. 52, pl. 1, figs. 1-8, pl. 2, figs. 6 e 8) shows an acuminate apex and base, *Cordaicarpus chicariensis* Lele (1963, p. 13, pl. 1, fig. 1, fig.-tex. 1) has a short conical beak at the apex, while *Cordaicarpus irapuensis* Oliveira (1976, p. L48, pl. IV, figs. 6-8) shows the larger testa thickness at the side of the seed. Thus, none of them have a general shape similar to the specimens described herein.

Although *Cordaicarpus zeillerii* Maithy (1965, p. 45, pl. 1, figs. 1-3, figs.-text. 1 e 2) has a uniform testa thickness and a general rounded shape, it differs from the material analyzed due to its non uniform testa thickness and oval shape. *Cordaicarpus emarginatus* Walkom (1935, p. 462, pl. XIX, fig.11), a species from Australia, in spite of the precarious preservation, is described having an acuminate and emarginate apex, and an acuminate base, differing considerably from features observed in Brazilian material. The pointed apex found at *Cordaicarpus mucronatus* Hoeg & Bose (1960, p. 48, pl. XI, figs. 2 e 3) and at *Cordaicarpus prolatus* Walkom (1935, p. 461, pl. XIX, fig. 6), as well as the median ridge present at the basal portion of the later species, move them away from any similarity with the material analyzed.

Thus, considering the clear morphological differences from all similar species described in the literature, and the relatively significant amount of material studied, the specimens described herein can be considered as a new species.

*Cordaicarpus truncata* sp. nov.

Figure 4

**Holotype:** MP-Pb 3969 B.

**Paratypes:** MP-Pb 3968 A; 3969 B, C; 3972 A, B.

**Locality:** Morro do Papaléo outcrop, in Mariana Pimentel, RS.

**Occurrence:** Fossiliferous level 2 (= N2), uppermost Itararé Group; according to Iannuzzi et al. (2003a, b; 2006).

**Age:** Early Permian (Late Sakmarian).

**Etymology:** From its truncate base, the main diagnostic feature of the new species.

**Diagnosis:** Seeds with bilateral symmetry, striated surface, acute to acuminate apex and truncate base. Length from 7.7 to 9.0 mm, and width between 4.4 and 5.6 mm. Basal

portion of nucellus shows same shape as basal most part of seed, while the apex varies from obtuse to slightly acute. Testa is narrowest at the lateral sides, wider and acuminate at the apex and widest at base portion where it is truncated, forming an irregular margin that probable corresponds to original area of connection between seed and mother-plant. Without median ridge preserved.

**Description:** Striated seed, with bilateral symmetry, general oval outline, with an acute apex that can be acuminate, and a truncate base (Figure 4 A). It is characterized by a variable length, between 7.7 and 9.0 mm and variable width from 4.4 to 5.6 mm.

The striated testa, has a constant thickness on the seed side, measuring around 0.3 mm. At the apical portion, the testa is extended in an acuminate shape, and at the basal portion, suffer a considerable thickening, going to 0.8 mm in width, where it finishes like a truncate shape, widened and with an irregular outline, as if it were the insertion point of the seed on the mother-plant (Figures 4 A-C, A'-B').

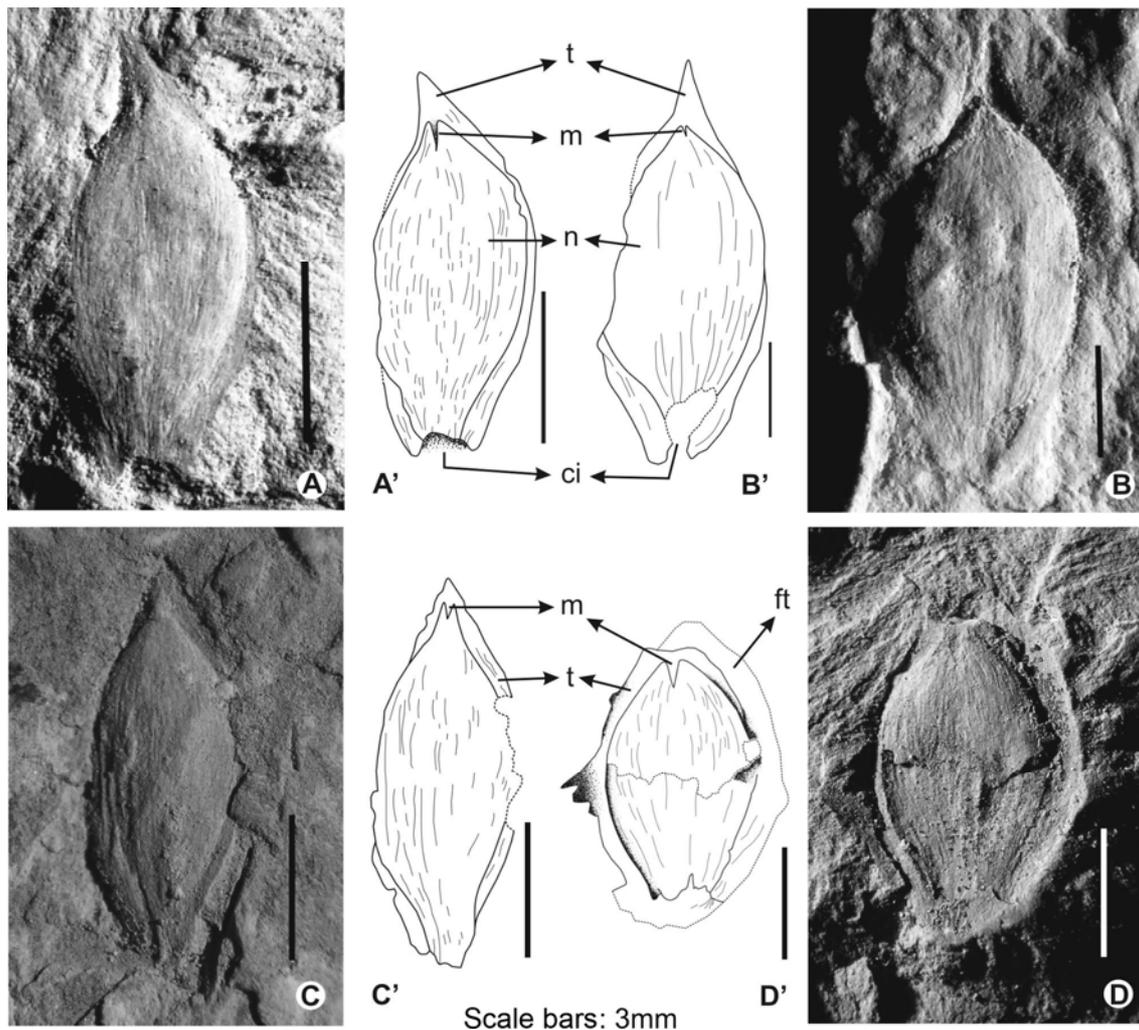
The nucellus is densely striated, with an obtuse to lightly acute apex and widened base. The basal portion outline is the same of the general outline of the seed, and shows length between 3.0 and 4.2 mm and width from 6.2 to 8.3 mm (Figures 4 A-D, A'-B'). In some specimens (MP-Pb 3969 A) are possible to see the emarginate micropyle, which can appears opened like a "V" shape (Figures 4 A-D, A'-D'). There is none median ridge preserved.

The relation between maximum width of testa and maximum width of nucellus (WT/WN) ranges from 0.08 to 0.19.

**Discussion and comparison:** According to the method proposed by Oliveira & Pontes (1976) and reevaluated by Millan (1994), the material studied is classified into the genus *Cordaicarpus*, considering the low values obtained from the ratio WT/WN.

The most important characteristic of these specimens is the truncate shape of their base, which seems to correspond to a wide point of insertion at the fructification and that in association with the acute apex, makes the morphology of these seeds unique.

Applying the scheme organized by Maithy (1965) and modified by Millan (1974a, Tab. IX; 1994, Tab. 1), the seeds examined are classified among those with "bilateral symmetry, narrow and undifferentiated testa, without median ridge and with obtuse/acute or acuminate apex". Among the species that are include in this group, only the species *Cordaicarpus acuminatus* Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo (1992, p. 52, pl. 1, figs. 1-8, pl. 2, figs. 6 e 8), *Cordaicarpus mucronatus* Hoeg & Bose (1960,



**Figure 4:** *Cordaicarpus truncata* sp. nov., Morro do Papaléo, RS. **A**, holotype, MP-Pb 3969B, complete specimen, with a truncate base (diagnostic feature) and testa enlargement at this region; **A'**, holotype illustration indicating the opened micropyle, the striated surface and the scar of the seed insertion on the mother-plant; **B**, paratype, MP-Pb 3972A; **B'**, paratype illustration, MP-Pb 3972A, showing the same features found at the holotype; **C**, paratype MP-Pb 3968A, **C'**, paratype illustration, MP-Pb 3968A, showing a specimen with incomplete testa preservation at the side portion; **D**, paratype, MP-Pb 3969A, showing an incomplete testa on either portion apical and basal; **D'**, paratype illustration, MP-Pb 3969A, indicating the opened micropyle and a space of the seed side dislocation, interpreted as a taphonomic feature. **Abbreviations:** **ci**, insertion scar; **ft**, taphonomic feature; **m**, micropyle; **n**, nucellus; **t**, testa.

p. 48, pl. XI, figs. 2 e 3) and *Cordaicarpus prolatus* Walkom (1935, p. 461, pl. XIX, fig.6) show some similarity with the material studied.

*Cordaicarpus acuminatus*, from the Late Paleozoic of Argentina, differs basically in terms of the base shape of the seed, which has an acuminate shape which is described by the authors as a conic or spine-like projection, while at the Brazilian material, the base has a truncate shape. This difference in the base shape removes any possibility that the material analyzed to be classified as *C. acuminatus*.

*Cordaicarpus mucronatus*, a species from the Permian of Congo, has at the apex the same kind of projection found at the studied specimens, however, its basal portion has not been described by Hoeg & Bose (1960). There is a single illustration of the type-specimen (HOEG; BOSE, 1960, p.48, pl. XI, figs. 2 e 3), which does not allow inference of a truncate base as seen in the Brazilian specimens. Finally, according to the original description, the testa is narrow and no thickening is evident in *C. mucronatus*, differing from material studied herein.

*Cordaicarpus prolatus*, present in Upper Paleozoic deposits of Australia, shows a pointed apex and an undifferentiated testa. The species was erected based at a single specimen, which the author doesn't describe any kind of testa thickening. The seed base shows a projection that doesn't seem to be like the truncate shape found in bases of the specimens described herein. Furthermore, the comparison made herein was based on a less detailed description (WALKOM, p. 461) and a single photo taken from type specimen (WALKOM, 1935, pl. XIX, fig. 6). Even so, it is clear that the specimens studied do not belong to the Australian species.

Among the three species described at the literature, which have some similarity with the studied specimens, none of them show a similar base shape as described herein. Considering this feature as the diagnostic characteristic, the present specimens can be assigned as a new species, named *Cordaicarpus truncata* sp. nov.

*Cordaicarpus* aff *Cordaicarpus brasiliensis* Bernardes-de-Oliveira, Castro-Fernandes,  
Tewari & Ricardi-Branco 2007

#### Figures 5 D-G

**Material:** MP-Pb 3233; 3674; 3682 A; 3735; 3746; 3751 A, B; 3753; 3950 A, B; 3943 A; 3962; 3964; 3966 A.

**Locality:** Morro do Papaleó outcrop, in Mariana Pimentel, RS.

**Occurrence:** Fossiliferous level 4 (= N4), uppermost Itararé Group; and fossiliferous

level 7 (= N7) and 8 (= N8), Rio Bonito Formation, according to Iannuzzi et.al. (2003a, b; 2006).

**Age:** Early Permian (Late Sakmarian – Early Artinskian).

**Description:** Small seed, smooth, with bilateral symmetry, outline from oval to almost circular, with rounded base and apex, in some specimens, slightly obtuse (Figures 5 F-G). Characterized by a variable length, between 3.2 and 4.9 mm and width from 2.5 to 4.3 mm.

These seeds have an undifferentiated testa, with a more or less circular outline. Apex and base follow the same general shape of the seed, measuring around 0.2 and 0.5 mm. The nucellus also follows the seed shape, it has an obtuse apex and a rounded base, with 2.6 to 4.7 mm in length and 2.2 to 3.9 mm in width (Figures 5 D-G). At some specimens is possible to see a tenuous median ridge at the apical portion of the nucellus (MP-Pb 3962). The ratio between maximum width of testa and maximum width of nucellus (WT/WN) is 0.07 to 0.16.

**Discussion and Comparison:** These specimens are characterized by their circular to oval shape, the smooth surface and the absence of a prominent median ridge. The WT/WN relation obtained classifies them into the genus *Cordaicarpus*.

Among the species described in the literature, some of them have a similar morphology from that above-mentioned. The Australian species *Cordaicarpus prolatus* Walkom (1935, p. 461, pl. XIX, fig. 6) and *Cordaicarpus ovatus* Walkom (1935, p. 461, PL. XIX, fig. 8), even though the similar morphology the material described herein, show a pointed or acuminate apex, being in this way distinct from the Brazilian material. Is important to emphasize that both species were superficially described by Walkom, and to get a better comparison the present authors were limited to use the photo furnished in that paper.

Another species that shows some similarity with the specimens examined is *Cordaicarpus chicariensis* Lele (1963, p. 13, pl. 1, fig. 1, fig.-text. 1), because of the presence of testa with uniform width surrounding the nucellus. Nevertheless, this testa projects into a short conical beak at the apex, making this apex quite different from that presented by the material described herein.

*Cordaicarpus irapuensis* Oliveira (1976, p. L48, pl. IV, figs. 6-8), recovered from the Rio Bonito Formation in Criciúma, SC, is similar to the Brazilian material in terms of the general oval/rounded outline, the smooth surface and the micropyle slightly marked. However, *C. irapuensis* does not have the obtuse apex as the

material described herein, but has an acuminate apex. Besides, the base in *C. irapuensis* is not rounded but slightly cordate and, finally, its testa does not show a continuous thickness surrounding the nucellus, because it suffers an enlargement at the lateral sides of the seed.

Another species described that shows some similarity with the specimens studied is *Cordaicarpus rocha-camposii* Oliveira (1976, in OLIVEIRA; PONTES, 1976, p. L44, pl. IV, figs. 9-11, figs-text. 11 e 12), from the Rio Bonito Formation, in Criciúma, SC. Comparing both forms, it is evident a high similarity degree, basically at the shapes of apical and basal portions and the continuous testa thickness. However, in *C. rocha-camposii* some specimens show fine striations at the basal portion that, according to Oliveira (1976 in OLIVEIRA; PONTES, 1976), may be vascular scars. Another difference is recognized in the total size of the seed, which is larger in *C. rocha-camposii* than in the material described in this study.

The last species that allows some comparison is *Cordaicarpus brasiliensis* Bernardes-de-Oliveira et al. (2007, p. 5, pl. 1, figs. 1-2, fig.-text. 4a-d), which was recently described, from the upper portion of Itararé Group, in Cerquilha, São Paulo State. This species is extremely similar to the material of this study. The general shape of the seed, the general size and the testa thickness are equivalent. However, the presence of fine striations and mainly the acuminate apex in *C. brasiliensis* make it different from the specimens examined in this study, which have an obtuse/acute apex and a smooth surface. Taking into account that this difference can be an outcome of preservational factors, or even an intra-specific variation, the material presented herein can be assigned as very similar to *Cordaicarpus brasiliensis*.

*Cordaicarpus* sp. aff. *C. famatinensis* Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo 1992

Figures 5 A-C

**Material:** MP-Pb 3652 A-C; 3696 A, B; 3954 A; 3980 a/b.

**Locality:** Morro do Papaléo outcrop, in Mariana Pimentel, RS.

**Occurrence:** Fossiliferous level 4 (= N4), uppermost Itararé Group, according to Iannuzzi et al. (2003a, 2003b).

**Age:** Early Permian (Late Sakmarian).

**Description:** Small seed, smooth, with bilateral symmetry, general outline circular to elliptical, emarginate apex and rounded base. Characterized by variable length between

4.7 and 5.5 mm, and width from 3.3 to 4.0 mm.

The testa is undifferentiated with thickness from 0.2 to 0.4 mm at the basal and side portion, enlarging in the apical portion, where the thickness average is from 0.6 to 0.7 mm (Figures 5 A-C). The nucellus has an acute apex and a rounded base, with length around 4.1 and 5.0 mm and which varies from 2.7 to 3.2 mm. In some species is possible to see an emarginate micropyle (Figure 5A). There is no apparent preservation of the median ridge. The relation of maximum width of testa/ maximum width of nucellus (WT/WN) varies from 0.12 to 0.18.

**Discussion and comparison:** Due to the small amount of material found of this morphotype, a detailed description, which could allow evaluating the probable intra-specific variations, was not possible to be carried out. However, the specimens can be classified by their general morphological characteristics and the WT/WN ratio obtained as belonging to the genus *Cordaicarpus*.

Among the species described in the literature, the material of this study can be compared with *Cordaicarpus cesarii* Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo (1992, p.54, pl. II, figs. 1, 2 e 4, fig. 2), from the Tupe Formation, and *Cordaicarpus famatinensis* Gutierrez, Ganuza, Morel & Arrondo (1992, p. 56, pl. IV, figs. 1-5, fig.3), from the Água Colorada Formation, both from the Upper Carboniferous of Argentina. This comparison is possible due to the fact that both Argentinean species and the material examined herein show a testa thickening at the apical portion of seed. However, in the Brazilian specimens, the testa, at its micropylar region, ends in two acute arms, such as occurs in *C. famatinensis*, a feature that moves it away from *C. cesarii*.

As well as the testa morphology, the material of this study and *C. famatinensis* share a similar general shape. Although the Brazilian specimens have a general size slightly lower than the Argentinean species, morphometric characters, when seen alone, are not considered as a good diagnostic criterion to the compressed-impressed seed classification, because size can vary according to the degree of maturation of the seeds.

However, there are other two characteristics that prevent the direct classification of the Brazilian specimens into *C. famatinensis*. First, is the presence of an apical *sinus*, at the micropyle region of *C. famatinensis*, which is not found in the material analyzed. However, this *sinus* can be interpreted as an opening at the micropylar region caused by a possible fertilization (“biologic feature”), or also as a

deformation caused by compression which, depending the level of seed maturation, could cause a disruption of the micropylar region (“taphonomic feature”). Second, there is the presence of a faint median ridge found at some specimens of the Argentinean material; this feature is not evident in any of the Brazilian specimens (Figures 5A-C).

Taken into account the similarities found, the fragility of differences observed, and the few amount of specimens analyzed in this study, the material examined can be consider relatively similar to *Cordaicarpus famatinensis*. In the future, the enlargement of the sample number associated with a new analysis becomes necessary to confirm the classification proposed herein.

## CONCLUDING REMARKS

The taxonomic study of the seed specimens found at the Morro do Papaléo, Faxinal Section and Cerro Negro outcrops from the Rio Grande do Sul State allowed the identification of four different morphotypes, two of them designated to species previously described to the genus *Cordaicarpus*, and the other two considered as new species of this same genus.

The first new morphospecies erected, *Cordaicarpus cerronegreensis* sp. nov., occurs at the Faxinal Section and Cerro Negro outcrops, positioned at the uppermost portion of the Itararé Group, dated as Late Sakmarian. The second one, *Cordaicarpus truncate* sp. nov., is restricted to the Morro do Papaléo outcrop at the uppermost portion of the Itararé Group (fossiliferous level N2), considered as Late Sakmarian in age. Thus, both new species are proposed for the uppermost portion of Itararé Group, waiting for a future confirmation of a possible geographic and stratigraphic extension in other areas or basins.

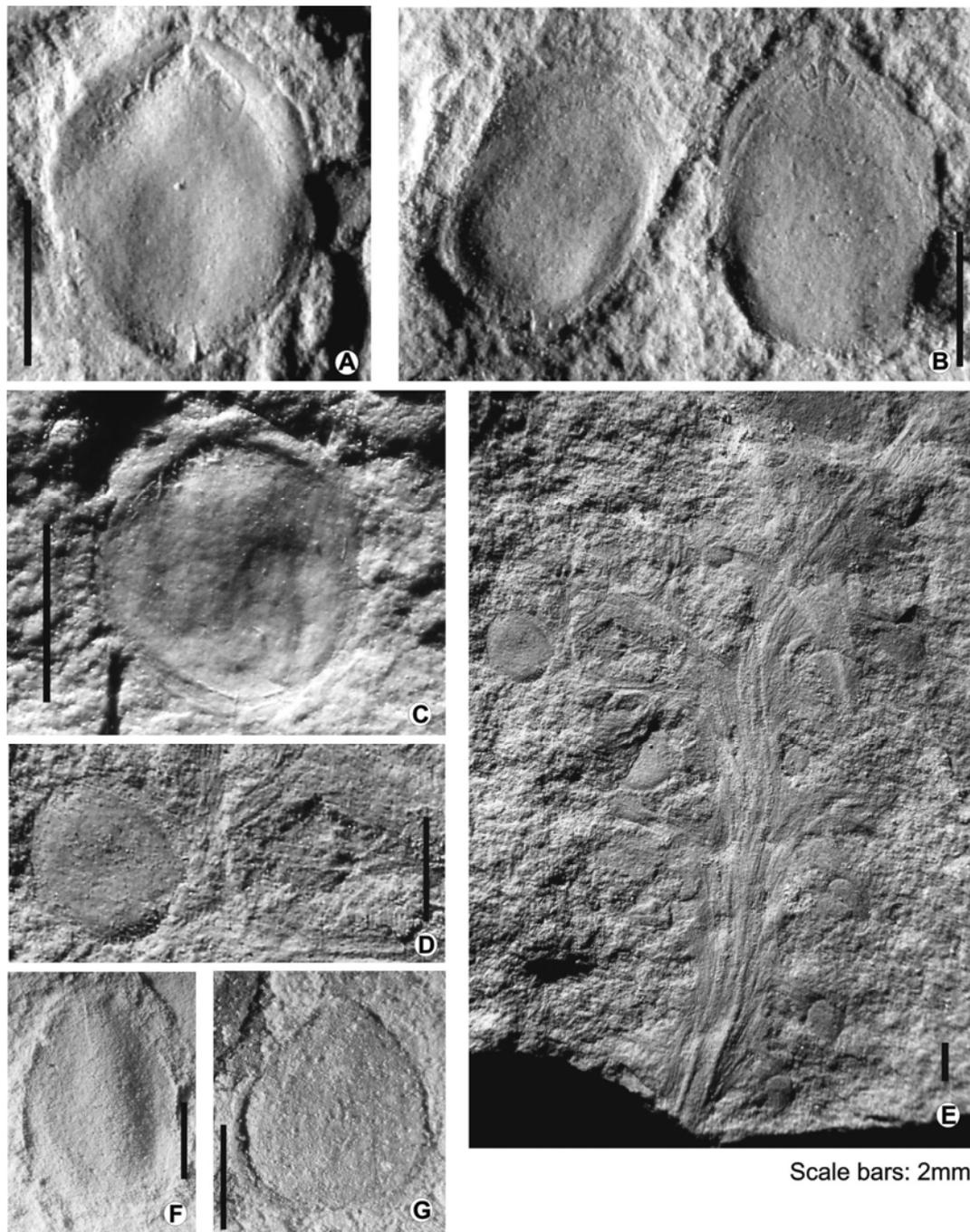
For the first time was recorded specimens similar to *Cordaicarpus brasilianus* Bernardes-de-Oliveira, Castro-Fernandes, Tewari, Ricardi-Branco (Bernardes-de-Oliveira *et al.*, 2007), described to the upper portion of Itararé Group from Cerquilha locality, in São Paulo State, at the uppermost portion of Itararé Group in Rio Grande do Sul. In future, if confirmed the presence of *C. brasilianus* in the above-mentioned strata, this species would be extended its stratigraphic range up to the Rio Bonito Formation. The occurrence of specimens studied is restrict to Morro do Papaléo outcrop (fossiliferous level N4, N7 e N8), in a Late Sakmarian-Early Artinskian interval.

Finally, specimens similar to *Cordaicarpus famatinensis* Gutierrez, Ganuza, Morel e Arrondo (Gutierrez *et al.*, 1992), described originally to the Águas Coloradas Formation, Upper Carboniferous of Argentina, occur in the Lower Permian strata (Late Sakmarian in age) of the Morro do Papaléo outcrop (fossiliferous level N4), specifically at the upper portion of the Itararé Group. The definitive taxonomic assignation of these specimens remains doubtful due to the few material examined mainly. If confirmed the occurrence of *C. famatinensis* at the upper portion of the Itararé Group, the stratigraphic range of this species would be extended from Upper Carboniferous to Lower Permian, as well as the geographic distribution from northern Argentina to southern Brazil.

Considering the significant amount of seeds found at the fossil record, the present study should be a stimulus for many researchers deepen their studies on these dispersion structures and contribute for the enlargement of knowledge about floral paleocommunities and their reproductive strategies.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors are thankful to F. F. Lopez (UFRGS) for the excellent photographic material produced, and to C. L. Baroni (UFRGS), for her help with the illustrations. This research was supported by grants from the Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) to the senior author (JMS) and the co-author (RI) (grants PQ 309322/2007-3 and MCT/CNPq 15/2007, 483463/2007-8), and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) to the co-author (RI) (Grant PROAPP 04/1066-0).



**Figure 5:** *Cordaicarpus* species. **A**, *Cordaicarpus* aff. *C. famatinensis*, MP-Pb 3980a, showing the testa thickening at the apical portion, and the emarginated micropyle; **B**, *C. aff. C. famatinensis*, MP-Pb 3696A-B; **C**, *C. aff. C. famatinensis*, MP-PB 3652A; **D**, *C. aff. C. brasilianus*, MP-Pb 3746, detail showing the simplified seed structure; **E**, *C. aff. C. brasilianus*, MP-Pb 3746, fructification with the specimen MP-Pb 3746; **F**, *C. aff. C. brasilianus*, MP-Pb 3950B, incomplete specimen, without the preservation of the basal portion and with a well-marked micropyle region; **G**, *C. aff. C. brasilianus*, MP-Pb 3682A, complete specimen.

## REFERENCES

ANDREIS, R.R.; CAZZULO-KLEPZIG, M.; GUERRA-SOMMER, M. & MARQUES-TOIGO, M. Interpretação paleoambiental e estudo paleobotânico e palinológico do Grupo Itararé, na área de Faxinal, Município de Guaíba, RS. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, IX. **Atas**, Natal, p. 65- 77, 1979.

ARCHANGELSKY, A. Estudio sobre semillas neopaleozoicas de Argentina. **Boletín de la Academia Nacional de Ciencias**, **64**:79-115, 2000.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C.; CASTRO-FERNANDES, M.C.; TEWARI, R. & RICARDI-BRANCO, F. Platyspermic seeds from the Early Permian of Paraná Basin, Brazil. **The Palaeobotanist**, 56:1-19, 2007.

CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M. A paleoflora do Gondwana no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, RIO DE JANEIRO, 18. **Anais**, Rio de Janeiro, v.2, p. 1020-1022, 1984.

CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M. Paleofloristic Gondwana succession in the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Southern Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 6. **Anais...** Bogotá, p.177-192, 1985a.

CAZZULO-KLEPZIG, M. & GUERRA-SOMMER, M. Relationship between the taphoflora of the Itatare Group, Parana Basin, South Brasil and the Permocarboniferous boundary. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA DEL CARBONÍFERO, 10. **Comptes rendus**, Madrid, v.2, p. 395-408, 1985b.

CORRÊA DA SILVA, Z.C. & ARRONDO, O.G. Tafoflora Permiana de Mariana Pimentel, Município de Guaíba, Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, **7**:27-44, 1977.

CORRÊA DA SILVA, Z.C. Observações sobre o Grupo Tubarão no Rio Grande do Sul com especial destaque à estratigrafia da Formação Itararé. **Pesquisas**, **9**:9-61, 1978.

DELANEY, P.J.V. Itararé outliers in Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim paranaense de Geografia**, Curitiba. 10/15:161-171, 1964.

GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. & MARQUES-TOIGO, M. Revisão fitoestratigráfica do Grupo Itararé no Rio Grande do Sul. III – Área de Faxinal, município de Guaíba, Rio Grande do Sul. São Paulo. Instituto de Geociências, USP, 11:31-189, 1980. (**Boletim**)

GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. A tafoflora do grupo Itararé no Rio Grande do Sul: sua importância bioestratigráfica no Gondwana Sulbrasileiro. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2. **Anais...** Porto Alegre, v.1, p. 127-140, 1981.

GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neo Paleozoic Gondwana Sequence: A preliminary palaeobotanical approach. In: INTERNATIONAL CONGRÉS DE LA STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÈRE ET PERMIEN, 12. **Comptes rendus**, Buenos Aires, v.2, p.61-72, 1993.

GUERRA-SOMMER, M. & CAZZULO-KLEPZIG, M. As floras gonduânicas do Paleozóico Superior do Rio Grande do Sul. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (ed) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p. 67-84, 2000.

GUTIERREZ, P.R.; GANUZA, D.G.; MOREL, E. & ARRONDO, O.G. Los Generos *Cordaicarpus* Arber y *Samaropsis* Goeppert (Semillas Platispérmicas) en el Neopaleozoico Argentino. **Ameghiniana**, **29**(1):49-68, 1992.

HØEG, O.V. & BOSE, M.N. The *Glossopteris* Flora of the Belgian Congo, with a note on some fossil plants from the Zambesi Basin (Mozambique). **Annales du Musée du Congo Belge**, Sciences Géologiques, **32**:1-107, Pls. I-XXXV, 1960.

IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G.; VIEIRA, C.E.L. & PEREIRA, L.S. Reavaliação da Fitobioestratigrafia da Sequência Gondwanica Sul-Riograndense: Estudo de Caso do Afloramento Morro do Papaléo (Bacia do Paraná, Permiano Inferior). In: I ENCONTRO SOBRE ESTRATIGRAFIA DO RIO GRANDE DO SUL: ESCUDOS E BACIAS, I, 2003. **Anais...** Porto Alegre, UFRGS, p. 182-185, 2003a.

IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G.; VIEIRA, C.E.L. & PEREIRA, L.S. Phytobiostratigraphical revaluation of the southern Brazilian Gondwana sequence (Paraná Basin, Lower Permian). In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN STRATIGRAPHY, 15, 2003. **Abstracts**, Utrecht, Netherlands, p. 240-242, 2003b.

IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; SOUZA, P. A., HOLZ, M.; CARAVACA, G.; ADAMI-RODRIGUES, K.; TYBUSCH, G. P.; SOUZA, J. M.; SMANIOTTO, L. P.; FISCHER, T. V.; SILVEIRA, A. S.; LYKAWKA, R.; BOARDMAN, D. R. & BARBOZA, E. G. Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS. Registro ímpar da sucessão pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná. In: SCHOBHENHAUS, C. et al. (eds.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Volume II. 2006. Disponível em <[http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/Sitio101\\_Morro\\_do\\_Papaleo\\_MarianaPimentelRS.pdf](http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/Sitio101_Morro_do_Papaleo_MarianaPimentelRS.pdf)>.

IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; CARAVACA, G. Taphonomy and paleoecology of the southern Brazilian *Glossopteris* Flora (Paraná Basin, Lower Permian). **Cuadernos del Museo Geominero**, 8: 201-206, 2007.

Lele, K.M. 1963. Studies in the Indian Middle Gondwana Flora: 3. Platispermics seeds and megaspore impressions from the South Rewa Gondwana Basin. *The Palaeobotanist*, **11** (1-2):13-18.

MAITHY, P.K. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 18. Gymnospermic seeds and seed-bearing organs from the Karharbari beds of the Giridih coalfield, Bihar. **The Palaeobotanist**, **13** (1):45-56, 1965.

MILLAN, J.H. O gênero *Samaropsis* na flora do Gondwana do Brasil e de outros países. **Boletim do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, Brasil, 1967, 11 p. (Boletim 32).

MILLAN, J.H. As sementes platispérmicas do Gondwana face ao Esquema Maithy. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **46** (3/4):538-547, 1974.

- MILLAN, J.H. Sementes platispérmicas da florula gondwanica de Monte Mor, Estado de São Paulo, Brasil. **Ameghiniana**, **14** (1-4):33-44, 1977a.
- MILLAN, J.H. Sementes platispérmicas do eogondwana de Cerquillo, São Paulo, (Bacia do Paraná). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **49** (4):581-595, 1977b.
- MILLAN, J.H. Sobre uma possível utilização estratigráfica de sementes gondvânicas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **52** (2):353-358, 1980.
- MILLAN, J.H. O esquema de identificação e classificação das sementes gondvânicas: reatualização e análise crítica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **66** (4): 475-488, 1994.
- MILLAN, J.H. Novas ocorrências de sementes platispérmicas em taflobras associadas a camadas carbonosas do Grupo Tubarão, eogondwana da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. **Anais da Academias Brasileira de Ciências**, **67** (1):117-128, 1995.
- OLIVEIRA, M.E.C.B. & PONTES, C.E.S. Algumas observações sobre cordaitófitas da Formação Rio Bonito. Grupo Tubarão Bacia do Paraná Brasil. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 1. **Actas**, Santiago do Chile, v. 3, p. L22-L81, 1976.
- SEWARD, A.C. **Fóssil Plants**. V.III. Cambridge Biology Series, London, 1917, 656 p.
- SOUZA, J. M. & IANNUZZI, R. Sementes do gênero *Samaropsis* Goeppert no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, **10** (2): 93-106, 2007.
- TAYLOR, T.N. & TAYLOR, E.L. **The Biology and Evolution of Fossil Plants**. 1 ed. Nova Jersey, Prentice Hall, 1993, 982 p.
- WALKOM, A.B. Some fossil seeds from the upper Paleozoic rocks of the Werrie Basin, N.S.W. **Proceedings of the Linnean Society of New South Wales**. 60:459-463, 1935.
- WHITE, D. Fossil Flora of the Coal Measures of Brazil. In: WHITE I.C., Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, **Relatório Final**, p. 558-568, 1908.
- ZEILLER, R. Observation sur Quelques plants fossiles des Lower Gondwanas. **Memoirs of the Geological Survey of India, Palaeontologia Indica**, new series, **2**: 1-40, 1902.

### **CAPÍTULO 3**

“SÍNDROME DE DISPERSÃO DAS SEMENTES FÓSSEIS DO PERMIANO  
INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, RS, BRASIL: aplicações paleoecológicas”

Juliane Marques de Souza & Roberto Iannuzzi

Em submissão para a Revista Brasileira de Paleontologia

## **SÍNDROME DE DISPERSÃO DAS SEMENTES FÓSSEIS DO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, RS, BRASIL: aplicações paleoecológicas**

JULIANE MARQUES DE SOUZA & ROBERTO IANNUZZI

Depto. de Paleontologia e Estratigrafia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil.

**juliane.marques.souza@gmail.com; roberto.iannuzzi@ufrgs.br**

**Resumo:** A análise da morfologia das sementes tem sido importante objeto de estudo na ecologia de plantas atuais, visto que evidenciam adaptações e novidades em relação à biologia da planta-mãe. Sabe-se, por conseguinte, que as adaptações morfológicas do diásporo dão informações a respeito da síndrome de dispersão adotada pela espécie e que o tamanho da semente está diretamente relacionado ao estágio de sucessão ocupado pela planta. No entanto, estudos desse tipo têm estado restrito à ecologia de plantas modernas, sendo pouco utilizados na interpretação de dados paleozóicos. Entendendo a análise das síndromes de dispersão das sementes como um importante instrumento na reconstrução paleoecológica e paleoambiental, o presente estudo oferece uma primeira aproximação da utilização dessa ferramenta através da análise das sementes fósseis do Permiano Inferior, do sul da Bacia do Paraná, no estado do Rio Grande do Sul. Para isso, buscou-se evidenciar as principais síndromes de dispersão e os principais agentes envolvidos através da interpretação das feições biológicas e dos dados tafonômicos de espécies previamente classificadas. Como critério de análise para as feições biológicas utilizou-se: i) o tamanho das sementes, ii) a presença ou ausência de estruturas de dispersão e da síndrome de dispersão; iii) e a relação entre a síndrome de dispersão e o tamanho da semente. Para a análise das feições tafonômicas fez-se uso dos seguintes critérios: i) o estado de preservação do material; ii) o sítio deposicional; iii) e o grau de transporte. Como resultado obteve-se *Samaropsis gigas*, com síndrome de dispersão hidrocórica, planta de sucessão secundária habitando ambientes às margens dos corpos d'água. *Samaropsis kurtzii* apresentando síndrome de dispersão anemocórica, característica de vegetação de sucessão intermediária, e áreas distais dos corpos d'água. *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus*, *Cordaicarpus* sp1, *Cordaicarpus* sp2, apresentando a barocoria como mecanismo de dispersão primário com diferentes casos de síndromes associadas, sendo espécies características de vegetações de sucessão primária e, portanto, plantas pioneiras.

**Palavras-chave:** dispersão de sementes; síndromes de dispersão; sucessão primária, sucessão secundária; *Samaropsis*; *Cordaicarpus*

## INTRODUÇÃO

Estudos freqüentes sobre as floras atuais têm mostrado que o processo de dispersão de sementes gera importantes efeitos na estrutura geral de uma vegetação. Segundo Tiffney (2004, p. 1) a dispersão influencia na estrutura geral das comunidades de plantas e na distribuição dos diferentes táxons. Esta influência deve-se ao papel fundamental que o processo de dispersão tem na ligação entre o final do ciclo reprodutivo de uma planta adulta e o estabelecimento de sua prole. De acordo com Wang & Smith (2002), “a dinâmica da dispersão de sementes influencia, provavelmente, o processo de expansão das plantas desde a colonização de novos habitats até a manutenção da diversidade, com implicações na sucessão, na regeneração e na conservação” (op. cit, p. 379, traduzido).

No entanto, é na ação direta sobre o sucesso das espécies e de um indivíduo, que a dispersão assume sua maior importância. Alguns autores (HOWE & SMALLWOOD, 1982; HUGHES et al., 1994; WILLSON; TRAVESET, 2000 e TIFFNEY, 2004) enumeraram as principais funcionalidades ecológicas da dispersão, dentre as quais estão: i) a estratégia para diminuir a mortalidade de sementes e plântulas causadas pela competição e predação nas proximidades da planta-mãe, ii) a colonização de ambientes favoráveis que estão dispersos no espaço e no tempo e iii) o movimento das sementes para novos espaços, sendo estes apropriados à ecologia da planta-mãe.

Portanto, em busca do sucesso no estabelecimento da prole, as plantas assumem diferentes estratégias de dispersão que podem ser, por vezes, evidenciadas na morfologia do diásporo. Segundo Hughes (1994), “os diásporos de muitas espécies de plantas tem uma estrutura morfológica características que aumenta sua possibilidade de ser dispersos para longe da planta-mãe.” (op. cit., p. 933, traduzido). O diásporo, nesse caso, é a unidade reprodutiva da planta que é dispersa, podendo ser tanto o fruto quanto a semente (VAN DER PJIL, 1969; HOWE; SMALLWOOD, 1982; TIFFNEY, 1984; WILLSON. TRAVESET, 2000).

A presença de estruturas diferenciadas como pêlos, alas, tecidos esponjosos, substâncias aderentes, ganchos e cores é, portanto, uma ferramenta importante para revelar a estratégia de dispersão adotada pelas espécies (HOWE &

SMALLWOOD, 1982). Além disso, o tamanho e a quantidade de diásporos revelam muito sobre a ecologia da planta-mãe, dando informações sobre seu hábito, seu habitat (TIFFNEY, 1984) e o estágio sucessional que ocupa na constituição da vegetação.

Estudos sobre a dispersão de sementes são muito utilizados na ecologia de plantas modernas, contudo, na paleontologia, são ainda incipientes. A escassez do registro e a limitação das análises dos dados tafonômicos e morfológicos, muitas vezes bidimensionais, fazem com que poucos pesquisadores tenham se interessado pelo tema. Quanto a este problema, Tiffney (2004, p.2 traduzido) poderou que as “evidências paleontológicas fornecem apenas um rápido registro no tempo, geralmente baseado na morfologia de um organismo ou organismos. Raramente um investigador é premiado com o fóssil de um animal com o trato digestivo repleto de frutos e sementes identificáveis”.

Entretanto, mesmo diante das dificuldades que são sabidamente inerentes à ciência da Paleontologia, alguns trabalhos foram publicados, principalmente para a flora paleozóica e mesozóica da Euroamérica (TIFFNEY, 1984, 1986, 2004, ERIKSSON et al., 2000). Estes estudos trataram das estratégias de dispersão aparentemente predominantes em flora tropical, típica daquela região.

Para a flora gondvânica, Archangelsky (1995), após a análise taxonômica de uma nova espécie de semente, do Permiano Inferior da Argentina, discutiu o significado biológico da morfologia dessa semente. No entanto, a discussão foi breve, sem ter sido aprofundada. A autora finalizou mencionando qual a possível estratégia de dispersão da semente descrita. Tiffney (1986) também contribuiu com esses tipos de estudos no Gondwana, porém de forma sintética e superficial, apresentando um breve resumo do que havia sido feito até a época em que realizou seu trabalho.

Portanto, a partir da análise taxonômica realizada para as sementes do Permiano Inferior da porção sul da Bacia do Paraná, percebeu-se que, com a quantidade de material disponível e a qualidade do mesmo, se poderia fazer, dessas estruturas, um instrumento de análise paleoecológica que complementaria estudos realizados a partir de outras partes vegetais como, por exemplo, folhas. Visto que, as feições morfológicas de sementes refletem grande parte da estratégia reprodutiva das plantas, as sementes passam a ser uma ferramenta útil na reconstrução paleoecológica e paleoambiental. Além disso, as sementes podem levar a uma importante aproximação em relação à ocupação das plantas nos diferentes estágios sucessionais dos ambientes. De acordo

com Tiffney (1984), elas oferecem um ótimo ponto de partida para a pesquisa paleobiológica baseada em estudos ecológicos modernos.

Para sua utilização, características das sementes como a presença de estruturas de dispersão, a possível síndrome de dispersão adotada, o tamanho e a quantidade das mesmas, são informações importantes a serem analisadas. No entanto, por tratar-se de fósseis a análise deve contemplar também das feições tafonômicas dos registros, tais como o grau de transporte, o ambiente de deposição, e o estado de preservação do material, que visam enriquecer a discussão e contextualizar os dados.

Portanto, a proposta do presente estudo é identificar a provável síndrome de dispersão das principais sementes encontradas nos depósitos do Permiano Inferior do estado do Rio Grande do Sul, frente à morfologia e o contexto deposicional apresentados pelas mesmas. Dessa forma, pretende-se contribuir, com as reconstruções paleoecológicas e paleoambientais que vem sendo feitas para a flora paleozóica da porção sul da Bacia do Paraná. Este trabalho é parte da dissertação de mestrado da autora sênior (JMS).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O material utilizado nesse estudo foi coletado em diferentes afloramentos nas proximidades do município de Mariana Pimentel e estão depositados na Coleção de Paleobotânica do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As sementes encontram-se preservadas na forma de impressão/compressão e estão identificadas sob a sigla MP-Pb.

A análise da dispersão de sementes obedece alguns critérios já amplamente difundidos na ecologia moderna. Dentre eles, alguns podem ser aplicados em sementes fósseis, outros não. Para o estudo apresentado, foram utilizados como critérios de análise: i) o tamanho da semente; ii) a presença ou ausência de estruturas de dispersão e as síndromes de dispersão; iii) a relação entre a síndrome de dispersão e o tamanho da semente. Esses critérios são entendidos como parte das feições biológicas apresentadas pelas estruturas em análise.

Para auxiliar na análise morfológica dessas sementes, visto que o material é fóssil, fez-se também um levantamento das feições tafonômicas das sementes, para o qual se utilizou como critério de avaliação: i) o estado de preservação do material; ii) o sítio deposicional e; iii) o grau de transporte. Esses critérios são

entendidos como parte das feições tafonômicas e serão discutidos, a seguir, à luz das informações obtidas na literatura.

## **FEIÇÕES BIOLÓGICAS**

As feições biológicas referem-se toda a informação que pôde ser obtida através da morfologia da semente analisada, sem interferência dos processos de fossilização sofridos pela estrutura. Discutir-se-á a seguir cada uma das feições mencionadas no item anterior.

### **i) Tamanho da Semente:**

A semente é constituída pelo embrião e pela reserva nutritiva (endosperma). Nas angiospermas essa reserva é proveniente da dupla fecundação, onde uma das duas células espermáticas funde-se com a oosfera que vai dar origem ao embrião e a outra se une à célula central que originará o endosperma. Nas gimnospermas essa mesma reserva é oriunda do desenvolvimento do megagametófito antes mesmo da fecundação. Portanto, uma semente de gimnosperma é o embrião envolto pelo gametófito feminino, enquanto que a semente de angiosperma corresponde ao embrião e o endosperma dentro do megasporângio, envolto por um ou mais tegumentos (HOWE; SMALLWOOD, 1982).

A reserva nutritiva é responsável pela alimentação do embrião nos primeiros estágios de estabelecimento desde a germinação ao crescimento da plântula. Quanto mais endosperma tiver a semente, maior ela será, e, por conseguinte, maior será a autonomia dessa plântula até que ela passe a realizar fotossíntese e produzir seu próprio alimento (LEISHMAN et al. 2000).

Relacionado a isso se pode inferir o estágio sucessional ocupado pela planta-mãe da semente. Segundo (TIFFNEY 2004, p.2), sementes pequenas são geralmente consideradas por caracterizar plantas de ambientes de sucessão primária, ricos em luminosidade, visto que sua reserva nutricional pequena requer que a planta venha a ser fotossinteticamente auto-suportada rapidamente depois da germinação. Sementes grandes, por sua vez, possuem uma ótima reserva e podem gerar uma grande área de superfície de folha, vindo a ser auto-suficientes. Desse modo, as sementes grandes parecem caracterizar plantas de comunidades densas, com pouca intensidade luminosa, podendo estar também relacionadas a uma adaptação da germinação à alta

quantidade de serrapilheira desses ambientes (TIFFNEY, 1984). Além disso, plantas produtoras de grandes sementes atingem maior sucesso no estabelecimento da prole, sendo favorecidas em ambientes com grande competição, com muita sombra ou com deficiência mineral e hídrica (JAKOBSSON; ERIKSON, 2000).

Por outro lado, aquelas sementes de tamanho intermediário possuem também hábitos e habitat intermediários (TIFFNEY, 1984), maximizando o número de lugares para seu estabelecimento e aumentando conseqüentemente sua competitividade (JAKOBSSON; ERIKSON, 2000).

Em termos energéticos, de acordo com Moles et al. (2005), espécies produtoras de pequenas sementes são capazes de produzir mais sementes com uma dada quantidade de energia do que aquelas espécies de sementes grandes, dessa forma, espécies de sementes pequenas compensam a deficiência no estabelecimento da prole com a produção de sementes em larga escala (JAKOBSSON; ERIKSON, 2000). Por outro lado, a pequena produção característica de plantas com sementes grandes leva a um aumento na seleção pelo melhoramento da dispersão por indivíduo, ou seja, investindo em atributos dispersores (ERIKSON et al., 2000).

Em suma, analisando-se o tamanho das sementes e sua abundância no registro pode-se contribuir para as reconstruções paleoecológicas através de informações quanto ao estágio sucessional e a organização espacial das espécies fósseis existentes.

## **ii) Presença ou ausência de estruturas de dispersão e as síndromes de dispersão:**

Segundo Tiffney (1986), as características morfológicas dos diásporos podem estar amplamente associadas a um modo, ou agente, particular de dispersão. Antes de adentrar nessa discussão, é preciso registrar que existem dois tipos básicos de dispersão – abiótica e biótica (TIFFNEY, 1986; 2004). O primeiro trata-se do tipo de dispersão realizado por agentes não vivos, tais como a água e o vento. No segundo, os agentes dispersores são seres vivos, tais como insetos, aves, peixes, etc.

Inspirado nesses dois tipos básicos de dispersão e aprofundando suas relações com os diferentes agentes dispersores e as distintas estruturas dispersivas, van der Pijl (1969) organizou e resumizou o que ele chamou de síndromes de dispersão. As mais importantes síndromes descritas são, entre as abióticas: i) Anemocoria: dispersão pelo vento, que se dá com diásporos muito pequenos ou apresentando alas, plumas e pêlos, ii) Hidrocoria: dispersão pela água, para a qual os diásporos nem sempre

apresentam morfologia específica, mas em alguns casos possuem tecidos especiais que facilitam a flutuação, iii) Autocoria: dispersão pela própria planta, geralmente relacionadas a frutificação; entre as bióticas : iv) Epizoocoria: dispersão pela aderência à superfície de animais, nesse caso os diásporos apresentam substâncias aderentes ou ganchos; v) Dispersão por peixes: sem nenhuma morfologia associada ao diásporo; vi) Saurocoria: dispersão por répteis, com diásporos coloridos e com odor; vii) Ornitocoria: dispersão por aves, através de diásporos coloridos e inodoros; viii) Dispersão por mamíferos: onde os diásporos são morfologicamente bem variados; e, por fim, ix) a Barocoria, que é a ausência de síndrome de dispersão na qual o diásporo desconecta-se pela simples ação da força da gravidade.

Essas síndromes são amplamente utilizadas na ecologia moderna e também em estudos de paleoecologia de sementes. Elas ocorrem, por vezes, associadas, podendo, inclusive, o diásporo apresentar mais de uma estrutura dispersiva ou simplesmente mais de um tipo de agente dispersor (TIFFNEY, 2004).

É importante salientar que nem todas as características morfológicas que ajudam a evidenciar as síndromes de dispersão são preservadas, como, por exemplo, cores, odores e substâncias aderentes. Entretanto, a morfologia da dispersão abiótica é mais fácil de reconhecer no registro fóssil do que aquelas da dispersão biótica (TIFFNEY, 1986). Portanto a presença de expansões aladas, pêlos, ou tecidos de flutuação são bons indicadores da atuação de agentes não vivos no processo de dispersão.

Certos de que muitas inferências não poderão ser feitas tanto pela precariedade do registro quanto pela ausência de maiores evidências tentar-se-á aproximar-se, tanto quanto o possível, da realidade, a fim de deixar uma base sólida para estudos posteriores e para futuro acréscimo de material coletado.

### **iii) Relação entre a síndrome de dispersão e o tamanho da semente**

Finalizando a análise das feições biológicas é importante considerar que o tamanho do diásporo pode dar algumas informações a respeito da estratégia de dispersão adotada pela espécie. A esse respeito, Hughes et al. (1994, p.938, traduzido), afirma que, “o tamanho da semente irá, obviamente imprimir certas limitações em alguns modos de dispersão particular; por exemplo, as formigas são, provavelmente, incapazes de transportar sementes maiores do que 100mg”.

Contudo, Hughes et al. (1994) em seu estudo da flora temperada verificou que a maioria das sementes possui um tamanho que não influencia diretamente na ação do agente dispersor e que, a diferença significativa encontra-se nos grupo de sementes grandes. Segundo Tiffney (1986), são poucos os diásporos grandes que podem ser dispersos de forma abiótica. Dentre esses poucos, a dispersão ocorre geralmente por hidrocoria, uma vez que um diásporo grande tem dificuldades de ser levado abioticamente sem que possua uma estrutura de dispersão bem desenvolvida. Nesses casos a dispersão se daria de forma biótica.

Por conseguinte, de acordo com estudos feitos por Hughes et al. (1994), sementes muito pequenas, com menos de 0.1 g, não possuem geralmente estruturas de dispersão especializadas. Isso se deve ao fato de que esse tipo de semente é efetivamente transportado pelo vento mesmo sem a presença de estruturas dispersoras (op.cit., p. 938).

Para o registro fóssil, Chaloner & Sherin (1981, *apud* ARCHANGELSKY, 1995), publicaram um estudo, no qual estabeleceram as três principais estratégias de dispersão a partir da arquitetura das sementes devonianas e carboníferas. Para os autores, sementes com até 5 mm de diâmetro seriam capazes de ser dispersas pelo vento; aquelas com até 10 mm apresentariam algum tipo de estrutura dispersiva, como expansões em forma de asas para potencializar a ação do vento e; por fim, aquelas com até 100 mm apresentariam capa esclerosada interna (esclerotesta) e outra externa carnosa (sarcotesta). Para esse terceiro grupo os autores sugerem, segundo Archangelsky (1995), uma dispersão biótica, podendo também ser dispersa pela água.

Com isso conclui-se que, não só a estrutura de dispersão deve ser analisada a fim de desvendar as estratégias reprodutivas das plantas, mas também o tamanho do diásporo, que participa diretamente do processo de dispersão, assumindo assim importantes funcionalidades ecológicas.

## **FEIÇÕES TAFONÔMICAS**

As feições tafonômicas são aquelas que, provavelmente, mais distanciam os estudos de flora e fauna fóssil da atual. Isso porque essas feições podem alterar significativamente a morfologia de uma estrutura fazendo com que indivíduos de uma mesma espécie pareçam ser completamente diferentes. Nesse sentido, pretende-se nos três itens a seguir, identificar e analisar as possíveis interferências que o processo

tafonômico possa ter imprimido sobre o registro a fim de se obter informações mais precisas e minimizar possíveis distorções.

A tafoflora, por sua vez, é a análise que relaciona o registro dos restos de vegetais fósseis ao sítio deposicional em que se encontram, ou seja, “o contexto sedimentológico no qual ocorre a preservação da associação de fósseis” (GASTALDO et al., 1995, p: 341). Essa análise é importante para que se obtenham informações a respeito da história tafonômica dos fósseis, das associações florísticas e do sítio deposicional a fim de que se possam fazer futuras construções paleoambientais.

Portanto, em busca das informações tafonômicas contidas no registro, utilizou-se três critérios de análise, já mencionados anteriormente e que serão discutidos a seguir.

#### **i) Estado de preservação do material:**

O bom estado de preservação de um material confere ao estudo maior confiabilidade, portanto, para que se possa analisá-lo é necessário considerar pelo menos três fatores: a resistência química da estrutura, os efeitos do transporte (quebra e abrasão) e as alterações pós-soterramento. Esses três fatores estão relacionados ao processo de decomposição das partes vegetais que, segundo Spicer (1991), varia de acordo com a natureza da estrutura, da espécie e do tipo de ambiente ao qual foi exposta. Aqueles organismos com tecidos de resistência espessos serão, deste modo, preferencialmente preservados (SCOTT; COLLINSON, 1983) Portanto, entender o processo de decomposição está no coração da tafonomia (SPICER, 1991, p.76).

A resistência química está relacionada diretamente à principal substância que compõe a estrutura, no caso das sementes a celulose e lignina. Isso quer dizer que se não ocorrer o estabelecimento e a germinação da semente, dependendo da espessura e resistência dos seus tecidos de proteção, em breve a decomposição afetará o embrião até acabar com toda sua estrutura. Essa espessura dos tecidos varia de espécie para espécie alterando significativamente o tempo de resistência da semente. Troncos, sementes e polens são mais resistentes e podem ser retrabalhados antes da deposição final, o mesmo não se repete para as folhas que são decompostas rapidamente (MARTIN, 1999).

Por conseguinte, o efeito que o transporte pode causar sobre uma parte vegetal depende de sua, já mencionada, resistência (SCOTT; COLLINSON, 1983), de sua capacidade de flutuação e do estado de decomposição da estrutura no momento de

se iniciar o transporte. Estruturas com morfologias adaptadas a flutuação ou com uma forma hidrodinâmica podem ser transportadas a distâncias maiores sem sofrer muitos danos (SPICER, 1991), enquanto que aquelas que afundam rapidamente sofrem mais intensamente a ação dos fluxos dos corpos d'água. Além disso, estruturas em processo de decomposição tendem a sofrer mais avarias oriundas do transporte.

Por fim, o soterramento e a fossilização submetem as partes vegetais a diferentes processos físicos e biogeoquímicos que podem alterar completamente a morfologia do registro. Como exemplo de processo físico pode-se citar a compressão do sedimento devido à grande pressão a qual é submetido e, como processo químico, a mineralização diagenética (BATEMAN, 1991).

Em suma, a relativa velocidade e severidade da degradação, compressão e mineralização determina o potencial e a forma de preservação da planta fóssil (BATEMAN, 1991, p. 36). Portanto, análises taxonômicas, paleoambientais e paleoecológicas devem ser relacionadas às interpretações tafonômicas do registro, a fim de se obter resultados mais confiáveis, buscando diferenciar, sempre que possível, as feições morfológicas dos artefatos preservacionais.

## **ii) Sítio deposicional:**

O local onde se dá a deposição, o soterramento e a fossilização é conhecido como sítio deposicional ou ambiente deposicional. A análise desse ambiente traz importantes informações do registro, tais como, a energia do sistema, a presença ou ausência de oxigênio, o regime do fluxo, o sentido da corrente, entre outras.

A soma dessas informações àquilo que se obtém da morfologia e biologia da estrutura em análise traz um panorama mais preciso dos paleoambientes e da paleoecologia das espécies. Se verificado em um sítio deposicional estruturas sedimentares de fluxo unidirecional, pode-se inferir a presença de corrente e, conseqüentemente, um sistema com certa energia. Se existia corrente nesse sistema então, provavelmente, o registro fóssil ali encontrado sofreu conseqüência da ação dessa corrente, e por isso, pode ter sido transportado.

A presença ou ausência de matéria orgânica, associada à coloração do sedimento, traz informações quanto a ação do oxigênio no processo de fossilização. Em sistemas abertos (sujeitos a ação do oxigênio) é comum a presença de adpressões decarbonizadas (impressões), enquanto que as compressões são características de sistemas com certo grau de anoxia (BATEMAN, 1991). Ademais, a coloração do

sedimento em tons de cinza e preto indica a presença de matéria orgânica e, conseqüentemente, de ambiente redutor.

Portanto, os processos registrados no sítio deposicional são os mesmos que ocorrem com os fósseis preservados nesse sítio. A partir da análise desses dados pode-se complementar as informações obtidas através da morfologia dos restos preservados e a partir disso ter maior compreensão do contexto.

### **iii) Grau de transporte:**

Por fim, o terceiro ponto de análise refere-se à proximidade da associação fóssil em relação a seu ambiente de vida e, no caso das sementes, em relação à planta geradora. Essa informação, para qualquer estudo paleoambiental, é fundamental, visto que quanto menos transporte a estrutura sofreu mais informações se tem a respeito do seu ambiente de vida.

As plantas embora mais difíceis de serem preservadas do que os animais, quando o são, trazem um registro localizado no espaço e no tempo (BATEMAN, 1991). Portanto, definir se o resto vegetal preservado está no local, próximo ou distante de sua origem e de seu ambiente natural (= habitat) é uma das primeiras etapas da investigação paleobotânica.

Para isso, usam-se na paleontologia os termos: autóctone, parautóctone e alóctone. Nesse sentido, se aceita a definição dada por BATEMAN (1991) para o qual autóctones são aqueles organismos preservados *in situ*, parautóctones é o registro das partes desarticuladas de plantas que ocorrem preservadas dentro de sua comunidade de origem e alóctones são aquelas partes transportadas para além de sua comunidade e ambiente de vida.

Considerando que o transporte afasta a estrutura de seu local de origem, levando-o para ambientes completamente diferentes daquele ocupado em vida, a análise de material alóctone pouco contribui para estudos de paleoambientes, porém, no caso das sementes traz importantes dados a respeito de sua ecologia.

Essa importância deve-se ao fato de que a biologia das sementes já as define como estruturas dispersivas, assim como esporos e grãos-de-pólen. De acordo com Scott & Collinson (1983, p. 116, traduzido), “algumas partes vegetais serão incorporadas no sedimento como parte do seu ciclo de vida natural. Plantas aquáticas, por exemplo, deixam cair suas sementes as quais podem primeiro flutuar, depois se depositar e ser soterrada pelo sedimento”. Portanto, ao menos que se trate de registros

de sementes conectadas a frutificação, a maior parte dos espécimes analisados nesse estudo são parautóctones ou alóctones. A separação entre esses dois grupos se dará com a análise do sítio deposicional, da morfologia da semente e da sua abundância do registro.

## RESULTADOS

### GYMNOSPERMAE

#### *Semina Incertae Sedis*

*Samaropsis gigas* Souza & Iannuzzi 2007

Figuras 1A, B

**Material:** MP-Pb 3022; MP-Pb 3032; MP-Pb 3045; MP-Pb 3230; MP-Pb 3420; MP-Pb 3423; MP-Pb 3429; MP-Pb 3656; MP-Pb 3660 A/B; MP-Pb 3662; MP-Pb 3691 A, MP-Pb 3742; MP-Pb 3957; MP-Pb 3963; MP-Pb 3965; MP-Pb 3986; MP-Pb 3987; MP-Pb 3988; MP-Pb 3989; MP-Pb 3990; MP-Pb 3991; MP-Pb 3992 A/B; MP-Pb 3993 A; MP-Pb 3994; MP-Pb 3995; MP-Pb 3996.

**Localidade:** Afloramento Morro do Papaléo, município de Mariana Pimentel, RS.

**Ocorrência:** Nível fossilífero N4, topo do Grupo Itararé, e nível fossilífero N8, Formação Rio Bonito, conforme Iannuzzi et al. (2003, 2006).

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio).

**Descrição:** Semente grande, com cerca de 50 mm de comprimento por 30 - 40 mm de largura e simetria bilateral. Nucelo grande, com comprimento em torno de 30 mm e largura em torno de 25 mm. Do tamanho total, a maior parte corresponde ao nucelo, onde se encontra a reserva nutritiva e o embrião. Testa bem desenvolvida, carnosa, dividida em três camadas, a primeira, a endotesta, mais interna, pouco espessa, com textura fibrosa envolvendo o nucelo. A segunda, a esclerotesta, com a mesma espessura da primeira. A última, a sarcotesta, mais externa, larga e com aparência carnosa.

**Análise das feições biológicas:** As medidas dessa espécie afastam-se consideravelmente da média das sementes encontradas nesse afloramento (e em outros afloramentos da Bacia do Paraná). Devido ao seu tamanho considerável, para que essa semente possa ser dispersa abioticamente, por agentes como vento e água, é necessário que em sua morfologia sejam encontradas estruturas dispersivas condizentes com seu

tamanho. Enquanto poucos diásporos grandes conseguem ser dispersos abioticamente, principalmente pela água, a maioria é dispersa bioticamente (TIFFNEY, 1986, LORTS et al., 2008).

Contudo, para os espécimes em questão, a dispersão biótica não parece ser possível visto que para que uma estrutura das dimensões de *Samaropsis gigas* seja dispersa bioticamente, por endozoocoria ou epizoocoria, seria necessário que os animais envolvidos tivessem um porte considerável para serem capazes de carregá-la ou ingeri-la sem danificar o embrião. No entanto, no Permiano Inferior do Rio Grande do Sul, não havia animais capazes de exercer a função de agente dispersor de *S. gigas* (RICHTER, 2000)

De acordo com Tiffney (2004, p. 18), durante o Pensilvaniano e o Permiano Inferior, os herbívoros ocorriam entre os graus 10° N e 10° S do paleoequador e se dispersaram para além desse cinturão somente no Permiano Superior. Portanto, no Permiano Inferior do Rio Grande do Sul, a fauna, potencialmente dispersora, era bastante limitada. Do grupo dos amniotas, apenas os Mesossaurideos tem seus registros nesse período. Segundo Araújo-Barbarena et al. (2002) e Ferreira et al. (2006) os mesossauros ocorrem em rochas da Formação Irati caracterizada por ambientes de mares rasos e profundos. A ocorrência de *Samaropsis gigas*, a princípio, restrita a rochas do topo do Grupo Itararé, sendo raramente registrada na porção médio-superior da Formação Rio Bonito, afasta a possibilidade de coexistência desses dois grupos. Além disso, acredita-se que a alimentação dos mesossauros dava-se através da ingestão do plâncton, utilizando a dentição apenas para filtrar o material a ser ingerido (BERTINI 2004; FERREIRA et al., 2006), não estando as sementes incluídas no hábito alimentar desses animais.

Em contrapartida, a respeito das estruturas dispersivas, *S. gigas* apresenta duas feições importantes que devem ser consideradas. A primeira é a presença de uma estrutura fibrosa/esponjosa, envolvendo o nucelo, que corresponde à camada mais interna da testa, chamada de endotesta (SOUZA; IANNUZZI, 2007) e que aparece preservada em todos os espécimes (Figura 1B).

A análise dessa feição leva à interpretação de que se tratava de um tecido adequado para a flutuação, com espaços entre as fibras, provavelmente, preenchido por ar. Segundo van der Pijl (1969), o baixo peso específico é a mais freqüente causa da flutuação, ocasionada pelos espaços de ar, leveza do albúmen ou cotilédones, ou por tecidos de cortiça. Com essa estrutura, a semente, ao ser dispersa, cairia no corpo d'água

pelo qual flutuaria até encontrar um ambiente adequado ao seu estabelecimento e germinação. A esclerotesta, por sua vez, realizaria neste caso a função de proteção do nucelo, visto que mesmo sendo pouco espessa aparece preservada em todos os espécimes, evidenciando sua alta resistência (Figura 1B).

A sarcotesta, por conseguinte, interpretada como a segunda feição relevante à análise, é a camada mais desenvolvida e mais externa (Figura 1B). Devido sua consistência aparentemente carnosa em *S. gigas*, ela não mostra eficiência para o transporte anemocórico, visto que o nucelo, bem desenvolvido, necessita de uma testa proporcionalmente maior e, preferencialmente, membranácea que lhe conferisse certa aerodinâmica para que o vento a pudesse mover.

A simetria bilateral da sarcotesta apresentada por *S. gigas* parece ter contribuído para a estabilidade hídrica da semente enquanto esta flutuasse sobre a água. A consistência carnosa poderia inferir a dispersão por vertebrados, contudo, como fora discutido acima, nesse período não existiam vertebrados herbívoros capazes de realizar tal dispersão.

Não obstante, em um estudo realizado por Dehgan & Yuen (1983), com sementes do gênero *Cyca* L., foram evidenciadas as mesmas três camadas descritas para *S. gigas*, sendo a mais interna responsável pela flutuação da semente. Além disso, a sarcotesta, segundo os autores, por manter-se intacta por semanas atuaria na repulsão da água através de sua epiderme cerosa e espessa, evitando o rápido encharcamento da semente.

Além disso, Tiffney (2004) sugeriu que a consistência carnosa das estruturas do diásporo pode servir para a proteção do nucelo contra a ação indesejada de insetos. Cabe salientar que espécimes de *Samaropsis* sp. 1, uma forma morfológicamente muito próxima de *S. gigas*, descrita por Souza & Iannuzzi (2007), apresentam, em sua estrutura, a preservação de marcas da ação de insetos sugadores, fortalecendo a teoria de proteção do nucelo sugerida por Tiffney (2004). Essa possibilidade, no entanto, deve ser aprofundada em estudos futuros que versem sobre evidências de interações inseto-plantas.

**Análise das Feições tafonômicas:** O material de *S. gigas* utilizado nesse estudo foi encontrado no afloramento Morro do Papaléo. Os espécimes recuperados encontram-se bem preservados e embora a maioria não esteja preservada na sua totalidade, a presença de caracteres diagnósticos e sua riqueza de detalhes permitem um estudo acurado dessas sementes. Ademais, a quantidade de espécimes encontrada é bem superior à média

constatada normalmente para as sementes fósseis, estando entre as espécies de registro mais frequentes do afloramento.

O principal nível fossilífero de ocorrência de *S. gigas*, que está descrito no perfil estratigráfico proposto por Iannuzzi et al. (2003, 2006), corresponde ao nível N4. Este nível ocorre junto ao topo do Grupo Itararé e é formado por siltitos cinza-claro finamente laminados, característicos de ambientes de sedimentação com baixa energia, onde há predomínio de partículas depositadas por suspensão e fluxo d'água ausente. Segundo Iannuzzi et al. (2003, 2006), este nível foi interpretado como ambiente proximal de margem de corpo d'água do tipo lacustre ou lagunar.

A qualidade da preservação do material, a ausência de marcas de abrasão ou quebras por transporte, principalmente nas bem desenvolvidas sarcotestas, e as características do sítio deposicional descritas acima, associadas, ainda, à quantidade significativa de espécimes coletados, indica o pouco ou nenhum transporte dessas estruturas para além do seu ambiente de origem. Iannuzzi et al. (2007), por sua vez, classificaram a associação que contém os espécimes de *S. gigas* como sendo do tipo parautóctone, do ponto de vista de transporte. O fato de que sementes são estruturas dispersivas e de que não foram encontrados espécimes conectados a outras partes do vegetal, são feições tafonômicas que corroboram a interpretação de uma associação parautóctone (BATEMAN, 1991), feita por aqueles autores para esse registro.

**Interpretações:** A partir dos resultados obtidos da análise das feições biológicas e tafonômicas dos espécimes de *Samaropsis gigas*, pode-se concluir que a síndrome de dispersão adotada por essa espécie é a “Hidrocoria”. A endotesta, com seu tecido esponjoso, é a estrutura mais adaptada à dispersão.

Parece provável que a planta-mãe de *Samaropsis gigas* habitava as margens dos corpos d'água, utilizando-se da água como agente dispersor de sua prole, o que justifica a presença abundante dessa espécie em sedimentos correspondentes à ambientes marginais. Por outro lado, as dimensões da semente indicam a presença da planta-mãe como um componente da vegetação de sucessão secundária e, conforme discutido anteriormente, característica de comunidades fechadas, favorecidas em locais com pouca luminosidade, adaptadas à serrapilheira densa, à escassez de minerais ou a ambientes com deficiência hídrica (TIFFNEY, 1986; 2004; ERIKSON et al., 2000; JAKOBSSON & ERIKSON, 2000).

**Afinidade botânica:** No nível N4, onde são comumente encontradas as sementes, tem-se também o registro de órgãos foliares classificados nos morfogêneros *Gangamopteris*,

*Glossopteris*, ?*Dicranophyllum*, *Cheirophyllum*, *Kawizophyllum* e *Cordaites*, que são encontrados juntamente com rizomas, caules e ramos foliares associados à esfenófitas do tipo de *Phyllothea* (IANNUZZI et al., 2007). A partir dos dados tafonômicos disponíveis, qualquer inferência a respeito da planta-mãe de *S. gigas* não passaria de especulação, visto que os espécimes encontrados estão todos dispersos no sedimento, sem nenhuma conexão com outra parte vegetal. Levando-se em consideração a literatura disponível, dentre os grupos registrados aqui a partir das porções vegetativas, o das cordaitaleanas seria o mais indicado, pois seria o único, a princípio, a possuir sementes de grandes dimensões (TAYLOR, TAYLOR, 1993).

*Samaropsis kurtzii* Leguizamón 1971

Figura 1C

**Material:** MP-Pb 2746; MP-Pb 2824ab.

**Localidade:** Morro do Papaléo, Seção Faxinal de Souza & Iannuzzi (2008, *prelo*), equivalente aprox. ao nível N2 de Iannuzzi et al. (2003, 2006).

**Ocorrência:** Topo do Grupo Itararé.

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio).

**Descrição:** Semente grande, com aproximadamente 24 mm de comprimento e 22 mm de largura. Simetria bilateral. Nucelo com comprimento em torno de 13 mm e largura de 12 mm. Testa bem desenvolvida, simétrica, com aspecto membranáceo e com redes reticuladas em toda sua extensão.

**Análise das feições biológicas:** Embora consideravelmente menor do que *Samaropsis gigas* Souza & Iannuzzi, *Samaropsis kurtzii* Leguizamón se apresenta como uma semente grande em suas medidas totais. Entretanto, esse tamanho deve-se principalmente à presença de alas bem desenvolvidas, simétricas e dispostas longitudinalmente em relação ao corpo central da semente (nucelo).

A presença destas expansões aladas grandes em relação ao nucelo, com aspecto membranáceo e com redes reticuladas que conferem resistência à estrutura, está diretamente relacionada à síndrome de dispersão adotada pela espécie produtora da semente (Figura 1C). A análise dessa feição morfológica indica uma adaptação para favorecer a ação do vento como agente de dispersão abiótico (VAN DER PJIL, 1969; HOWE; SMALLWOOD, 1982). A aerodinâmica conferida à forma geral dessa semente

provavelmente fez com que a ação do vento transportasse-a em diferentes distâncias, podendo assim ocupar outros ambientes e germinar.

**Análise das Feições tafonômicas:** O afloramento Morro do Papaléo – Lavina, identificado por Souza & Iannuzzi (2008, *prelo*) como Seção Faxinal, recebeu pouca atenção até hoje no que diz respeito a sua descrição faciológica e interpretação paleoambiental. Sabe-se, no entanto, pela litologia e pela associação florística que corresponde a níveis correlatos àqueles descritos por Iannuzzi et al. (2003, 2006) para o topo do Grupo Itararé, mais especificamente subjacente ao nível N4 e aproximadamente equivalente ao nível N2.

O nível onde se encontram os restos vegetais na Seção Faxinal é formado por ritmitos síltico-argilosos, de coloração bege a cinza-escuro, caracterizando ambiente deposicional de baixa energia. Andreis et al. (1979) interpretaram esses depósitos como sendo de ambientes lacustres (ou lagunais, op. autores) de águas rasas e estáveis. Os espécimes de *S. kurtzii* coletados nesse afloramento estão perfeitamente preservados, permitindo uma análise detalhada da morfologia, mesmo tratando-se de apenas dois registros.

Devido ao número reduzido de material e à capacidade de dispersão evidenciada pela estrutura de *S. kurtzii*, acredita-se que se trate do registro de uma associação parautóctone ou até mesmo mista, do tipo parautóctone a alóctone (Bateman, 1991), com transporte pré-soterramento de alguns elementos. No entanto, para certificar-se a respeito dessas inferências poder-se-ia analisar o sítio deposicional no qual foram recuperados originalmente os espécimes dessa espécie na Argentina.

O material utilizado na descrição original feita por Leguizamón (1971) foi recuperado na localidade de Bajo de los Vélez, Argentina, considerado de idade permo-carbonífera. Nessa localidade, os afloramentos, segundo Azcuy et al. (1987), aparecem dispersos em uma fossa tectônica, sendo que os níveis com os restos vegetais preservados se encontram no Membro Pallero. Compostos por pelitos argilosos, de coloração cinza-escuro, estes níveis foram depositados em meio lacustre. Segundo Azcuy et al. (1987), a interpretação da fauna e flora preservadas, sugere a existência de um clima de umidade intermediária, provavelmente na proximidade de terras altas repletas de bosques de Cordaitales.

**Interpretações:** Considerando o registro escasso dessa espécie, as características morfológicas já descritas, e verificando-se a similaridade encontrada entre os sítios deposicionais onde ela ocorre, é possível inferir que a planta-mãe de *S. kurtzii* habitava

ambientes relativamente distais do corpo d'água, tendo como principal agente dispersor o vento. Secundariamente, a água poderia exercer algum papel na dispersão, como ocorre atualmente com algumas sementes de sarcotesta membranácea. Conforme Remy (1975), as plantas que habitam locais mais distantes do corpo d'água possuem normalmente um registro raro, pois precisam sofrer maior transporte para serem incorporadas pelo sedimento. Sendo, então, classificadas como plantas mesófilas a xerófilas (REMY, 1975).

Por fim, pelas dimensões, *S. kurtizzi* está entre as plantas intermediárias, sendo, provavelmente mais competitiva e ocupando níveis intermediários de sucessão quando comparada com *S. gigas*, com certa tolerância a diferentes luminosidades (TIFFNEY, 1984; JAKOBSSON; ERIKSON, 2000).

**Afinidade botânica:** Registros folhas de *Glossopteris communis* e *Gangamopteris* spp., restos caulinares (*Paracalamites*-type) e ramos foliosos (*Phyllothea* e *Stephanophyllites*) de esfenófitas, assim como restos fragmentados de frondes de *Botrychiopsis plantiana*, foram encontrados no mesmo afloramento de onde provém *Samaropsis kurtzii* (SOUZA; IANNUZZI, 2008, *prelo*). Contudo não há nesse registro de espécimes de *S. kurtzii* conectados a qualquer outra estrutura que pudesse fornecer informações sobre a planta-mãe. Assim como em *S. gigas*, quando se considera a literatura sobre floras paleozóicas, devido às grandes dimensões de *S. kurtzii* o grupo das cordaitaleanas seria o mais forte candidato à planta-mãe desse tipo de semente (TAYLOR, TAYLOR, 1993). No entanto, algum tipo de conífera não pode ser também descartado, tendo em vista a síndrome de dispersão pelo vento (anemocoria), comum neste grupo. Ambos os grupo foram registrados para Bajo de los Vélez, Argentina (ARCHANGELSKY, 2000), mas não para a Seção Faxinal. Entretanto, são comuns em níveis correlatos ao do afloramento estudado, especialmente folhas de *Cordaites* (IANNUZZI et al., 2003, 2006, 2008).

*Samaropsis* sp. aff. *S. millaniana* Oliveira e Pontes 1976 (*in* Souza & Iannuzzi, 2007)

Figuras 1D, E

**Material:** MP-Pb 3941; MP-Pb 3944 A/B; MP-Pb 3946 A-E; MP-Pb 3947; MP-Pb 3951 A,C; MP-Pb 3954 B; MP-Pb 4030 A/B.

**Localidade:** Afloramento Morro do Papaléo, município de Mariana Pimentel, RS.

**Ocorrência:** Nível fossilífero N8, Formação Rio Bonito, conforme Iannuzzi *et al.* (2003, 2006).

**Idade:** Eopermiano (Artinskiano precoce).

**Descrição:** Semente pequena, estriada, com comprimento que varia em torno de 6 – 8 mm e largura de 5 – 7 mm. Contorno circular, nucelo oval, com cerca de 5 – 7 mm e comprimento em torno de 3 – 5 mm de largura. Testa pouco desenvolvida, com densa estriação. A região basal da semente é marcada por uma cicatriz de inserção da semente na planta-mãe.

**Análise das feições biológicas:** É uma semente pequena, sem estruturas de dispersão evidentes. O aspecto fibroso da superfície densamente estriada indica uma resistência superior à estrutura. Portanto, a testa estriada, apesar de pouco desenvolvida, exerceu, ao que parece, um efetivo papel de proteção da reserva nutritiva e do embrião a um ambiente, provavelmente hostil (VAN DER PJIL, 1969).

A ausência de estruturas dispersoras específicas gera duas hipóteses de análise. A primeira, é que essa semente é dispersa bioticamente, e que os caracteres morfológicos que contribuiriam para evidenciar a síndrome não foram preservados. A segunda, é que a planta ao investir em uma estrutura protetora resistente, testa estriada, tanto ao dessecamento quanto ao rápido encharcamento, acabou por associar diferentes estratégias de dispersão.

Nesse sentido, é importante analisar o contexto no qual os registros ocorreram, o provável ambiente de vida e os possíveis agentes dispersores. Em relação à primeira hipótese, tem-se em evidência umas das limitações da paleontologia, visto que cores, sabores, odores, não são passíveis de preservação, portanto, não são registrados. Como essas características estão diretamente relacionadas a algumas síndromes de dispersão biótica, para que se possa ter certeza da existência desse tipo de síndrome seria necessário encontrar sementes associadas ao trato digestivo dos agentes dispersores ou em seus excrementos (= coprólitos). Mesmo assim, tendo encontrado esse registro seria importante identificar todo material contido no trato digestivo, sendo essa mais uma etapa delicada (TIFFNEY, 2004).

Ademais, como foi discutido para *S. gigas*, a presença de vertebrados potencialmente dispersores é limitada, visto que a vasta maioria das espécies conhecidas não tem ocorrência registrada para esse intervalo na Bacia do Paraná. No entanto, *S. aff. S millaniana* é significativamente menor do que *S. gigas*, o que faz com que a hipótese da dispersão por peixes, inviável para *S. gigas*, seja possível para *S. aff. S millaniana*.

Os peixes, no paleozóico, provavelmente serviram agentes dispersores generalistas, desde o Carbonífero (TIFFNEY, 1984). Sabe-se que já no início do Permiano, mesmo nas seqüências de deglaciação encontradas na Bacia do Paraná, há boa evidência de ocorrência de vertebrados pisciformes, com destaque para a abundância de paleoniscídeos, que se estendem por quase todo o período (RICHTER, 2000). No caso da confirmação dessa hipótese as estruturas da testa, densamente estriadas, seriam responsáveis pela proteção da reserva nutritiva e do embrião enquanto estivessem passando pelo trato digestivo do animal. No entanto, a confirmação desta hipótese esbarra nos problemas de registro, como enfatizados anteriormente, pois seria necessário encontrar um peixe contendo essa espécie de semente preservada em seu sistema digestório ou um coprólito atribuível a um grupo de peixes qualquer, para que se tivesse certeza da ocorrência desta síndrome de dispersão.

A segunda hipótese, relativa a diferentes tipos de dispersão associados, parece ser plausível, contudo, algumas possibilidades já podem ser eliminadas. A primeira síndrome abiótica improvável é a dispersão anemocórica, visto que a semente é relativamente grande para ser dispersa pelo vento sem possuir estruturas especializadas. A segunda possibilidade, por motivos não tão evidentes, é a da dispersão autocórica, devido à presença de uma densa cicatriz de inserção da semente na planta-mãe, o que confere à semente uma forte adesão, evitando assim ser dispersa pela simples alteração física da frutificação (VAN DER PJIL, 1969).

Portanto, em termos da desconexão da planta-planta mãe, essa semente parece estar desprovida de estratégias diferenciadas. O que provavelmente aconteceu com essa estrutura é que com o amadurecimento das sementes elas se desprendiam da frutificação devido à atuação da força da gravidade. A esse tipo de mecanismo dá-se o nome de Barocoria (VAN DER PJIL, 1969).

Uma vez dispersas no substrato, duas outras estratégias poderiam estar associadas. A primeira delas seria a dispersão biótica como fora dito anteriormente. A segunda seria a dispersão hidrocórica, visto que a estrutura fibrosa poderia conferir à semente certa resistência contra o rápido encharcamento (VAN DER PJIL, 1969), permitindo que ela flutuasse através do corpo d'água, até ambientes favoráveis ao seu estabelecimento e germinação.

**Análise das Feições tafonômicas:** Assim como *S. gigas*, *S. aff. S. millaniana* foi coletada no afloramento Morro do Papaléo, porém sua ocorrência está restrita ao nível

N8 descrito por Iannuzzi et al. (2003, 2006). A maioria dos espécimes encontra-se bem preservados, completos e com as estruturas diagnósticas evidentes.

A quantidade de material preservado é relativamente alta, quando comparada com a dos demais morfotipos encontrados no afloramento. Estão preservados na forma de impressão e ocorrem desconectados de qualquer outra estrutura proveniente da planta-mãe.

O nível fossilífero de ocorrência de *S. aff. S. millaniana* (N8) corresponde ao da Formação Rio Bonito, Grupo Guatá. Esse nível é composto por corpos lenticulares de arenito grosso, conglomerático, intercalados com pacotes siltitos cinza-esbranquiçados, nos quais se encontra os espécimes de *S. aff. S. millaniana* (IANNUZZI et al., 2003, 2006). Esse ambiente deposicional é característico de sedimentação com baixa energia e ausência de significativo fluxo d'água, intercalados com ambientes de maior energia, representados pelos depósitos arenosos. Segundo Iannuzzi et al. (2003, 2006), o nível N8 representa depósitos de planícies de inundação de ambientes fluviais. As lentes de areia podem significar o registro de episódios do extravasamento do canal, sendo, portanto um registro proximal da planície. Segundo Iannuzzi et al. (2007), as associações vegetais encontradas desse nível foram consideradas parautóctones e parecem estar associadas a pequenos lagos que ocorrem próximos ao canal do rio (= “overbank lakes”).

A qualidade da preservação do material, a ausência de marcas de abrasão ou quebras por transporte, evidencia a alta resistência dessas sementes ao transporte e/ou o pouco transporte sofrido por elas. Por outro lado, a presença de diversos espécimes normalmente espalhados em uma mesma amostra torna improvável que essas estruturas tenham passado pelo trato digestivo de algum peixe e, em seguida, tenham sido redepositadas todas juntas, em um mesmo local. Nesse sentido, o que o registro mostra é a provável ação de uma força de seleção por transporte, mesmo que pequena, onde as estruturas, em momento de cheia da planície, eram transportadas e depositadas todas juntas em sítios mais distantes, devido a sua similar capacidade de flotabilidade. Esse material, portanto parece ser parautóctone (BATEMAN, 1991).

No entanto, tendo em vista que os espécimes coletados e descritos por Souza & Iannuzzi (2007), que fazem parte do escopo desse trabalho, foram classificados como forma semelhante à *Samaropsis millaniana* Oliveira e Pontes, seria importante que a análise aqui proposta seja estendida aos espécimes-tipo. Deste modo, serão utilizadas também das informações do ambiente de deposição onde foram coletados os

espécimes-tipo de *S. millaniana*, a fim de que se possa verificar convergências e divergências com a interpretação apresentada acima.

*S. millaniana* ocorre nos afloramentos Bainha, do Hospital e São Marcos (OLIVEIRA; PONTES, 1976). Esses afloramentos são registros da Camada Irapuá, da Formação Rio Bonito, no estado de Santa Catarina, e correspondem a um único intervalo estratigráfico. Segundo Iannuzzi (2002), o nível fossilífero no afloramento Bainha, intitulado “fácies B”, é composto por siltito-argiloso, rosa alaranjado a acinzentado, com estratificação plano-paralela incipiente (evidenciada pelos fósseis) e de contato brusco com a fácies C (informalmente denominada de “siltito Irapuá”). Estas feições são características de ambientes de águas de baixa energia, geradas numa planície de inundação. Portanto, a fácies onde se encontra o registro de *S. millaniana* é muito semelhante ao nível fossilífero N8 do perfil de Iannuzzi et al. (2003, 2006), facilitando assim, comparações entre elas.

**Interpretação:** Pode-se concluir que *S. aff. S. millaniana* não possui síndrome de dispersão evidente, sendo, portanto desconectada da planta-mãe pela ação da força da gravidade. Ademais, as informações fornecidas pelos dados tafonômicos do registro no afloramento, parecem tornar improvável a ação de peixes como agentes dispersores. Logo, a concentração desses espécimes em uma pequena área pode indicar a ação do transporte provocado pelo aumento do nível d’água, levando a uma seleção de transporte por tamanho e densidade.

A estrutura da testa fibrosa confere resistência que pode ser explicada pelo provável posicionamento da planta-mãe na planície de inundação. Nessa região, as alterações nos níveis de base das águas e da umidade são constantes, sendo, portanto necessário resistir aos períodos de seca e/ou evitar o rápido encharcamento nos momentos de cheia. Desta maneira, elas poderiam ser transportadas para além daquele espaço limitado de dispersão proporcionado pelo mecanismo do tipo Barocoria. Essa estratégia justifica o tamanho reduzido da semente, indicando plantas com hábitos de sucessão primária, ou seja, uma planta-mãe pioneira.

**Afinidades botânicas:** Segundo descrição do afloramento feito por Iannuzzi et al. (2007), no nível fossilífero N8 encontram-se associados às sementes registros de folhas de *Gangamopteris*, *Glossopteris*, *Ginkgophytopsis*, *Kawizophyllum* e *Cordaites*, de fragmentos de caules de licófitas dos tipos *Brasilodendron* e *Cyclodendron*, de frondes de *Pecopteris*, *Sphenopteris*, *Neomariopteris*, *Asterotheca* e de frutificações do tipo *Arberia*. Todos os espécimes de sementes encontram-se dispersos, sem nenhuma

conexão com outra parte vegetal. Por outro lado, se cruzarmos os dados referentes aos grupos vegetais associados com as características dos espécimes de *S. aff. S. millaniana*, pode-se sugerir uma relação destas com os grupos das glossopterídeas ou das ginkgoaleanas, devido ao pequeno tamanho que apresentam essas sementes (TIFFNEY, 1986). No entanto, não se pode descartar a hipótese de que em se tratando do registro de uma associação parautóctone, em uma planície de inundação, outras partes da planta-mãe podem não ter sido se quer preservadas no mesmo sítio deposicional por diversas razões (GASTALDO et al., 1995; BATEMAN, 1991).

*Cordaicarpus aff Cordaicarpus brasilianus* Bernardes-de-Oliveira, Castro-Fernandes,  
Tewari & Ricardi-Branco 2007

Figuras 2A, B, C

**Material:** MP-Pb 3233; 3674; 3682 A; 3735; 3746; 3751 A, B; 3753; 3950 A, B; 3943 A; 3962; 3964; 3966 A.

**Localidade:** Afloramento Morro do Papaleó, Mariana Pimentel, RS.

**Ocorrência:** Nível fossilífero 4 (= N4), topo do Grupo Itararé; e nível fossilífero 7 (= N7) e 8 (= N8), Formação Rio Bonito, de acordo com Iannuzzi et.al. (2003; 2006).

**Idade:** Permiano Inferior (Sakmariano tardio –Artinskiano recente).

**Descrição:** Semente pequena, lisa e circular, com comprimento em torno de 3.5 mm e largura cerca de 3 mm.

**Análise das feições biológicas:** Semente pequena, sem estruturas de dispersão evidentes em sua morfologia. São abundantes no registro e encontram-se normalmente dispersas, excetuando-se em alguns casos como na amostra MP-Pb 3746, em que a semente encontra-se associada à frutificação (Figura 2A).

Esse tipo de frutificação é frequentemente encontrado no registro e é classificado como tipo *Arberia* (IANNUZZI, et al., 2007), tendo sido coletado neste caso no nível N8, correspondente à Formação Rio Bonito. Nessa frutificação a semente encontra-se anexada aos pontos terminais, formando uma espécie de pedúnculo, do qual a semente se desconectará quando estiver madura, provavelmente com o auxílio da força da gravidade (Figura 2A, B). De acordo com Andendorff (2005), as sementes nascem diretamente no final dos lobos laterais, deixando uma cicatriz de inserção. Trata-se, portanto, da síndrome de dispersão através do mecanismo da Barocoria.

Como síndrome associada, tendo em vista o tamanho dos espécimes, uma dispersão anemocórica parece viável (CHALONER; SHERIN *apud* ARCHANGELSKY, 1995; HUGHES et al., 1994). Ademais, a simplicidade da morfologia dessa espécie, e sua ocorrência elevada no registro fortalecem ainda mais essa possibilidade.

Por conseguinte, a ausência de uma testa densa, estriada, para proteger o nucelo, afasta consideravelmente a possibilidade de transporte facilitado por peixes, visto que essas sementes no trato digestivo desses animais seriam facilmente degradadas, ou o transporte considerável através da água, pois não teriam como resistir por muito tempo ao rápido encharcamento quanto ao posterior dessecação.

**Análise das Feições tafonômicas:** Os espécimes de *Cordaicarpus* aff *Cordaicarpus brasiliensis* recuperados do afloramento Morro do Papaléo, encontram-se preservados na forma de impressão/compressão, dispersos no sedimento ou associados à frutificação tipo *Arberia*.

*Cordaicarpus* aff *Cordaicarpus brasiliensis* ocorre em três níveis fossilíferos, o N4, N7 e N8, os quais estão descritos no perfil estratigráfico proposto por Iannuzzi et al. (2003, 2006). De maneira geral, o nível N4, corresponde ao topo do Grupo Itararé, representante de ambientes lacustres/ lagunares, formado por siltitos cinza-claro finamente laminados, característicos de ambientes de sedimentação com baixa energia.

Ambos os níveis N7 e N8 apresentam a mesma fácies, correspondendo à Formação Rio Bonito, Grupo Guatá. Estes níveis são compostos por pequenos pacotes de siltitos cinza-esbranquiçados (IANNUZZI et al., 2003, 2006) em que se encontram registrados os espécimes de, estes estão intercalados a corpos lenticulares de arenito grosso a conglomerático. O ambiente deposicional é característico de planícies de inundação em ambientes fluviais.

A qualidade da preservação do material é variável, visto que são estruturas pequenas e sem aparente tecido de proteção. O grau de transporte também parece ser variável, no entanto, para ambos ambientes de deposição, o registro dessas sementes é aparentemente parautoctone.

Os espécimes-tipo de *C. brasiliensis*, descritos por Bernardes-de-Oliveira et al. (2007), são provenientes do afloramento localizada no Rancho Toca do Índio, nas proximidades da cidade de Cerquillo, estado de São Paulo. Esse afloramento corresponde a rochas do topo do Grupo Itararé, composto por siltitos cinza-claros e

argilitos e folhelhos carbonosos, intercalados com lentes e corpos sigmoidais de arenitos amarelos claros, finamente granulados. Os fósseis encontram-se nos níveis de argilitos e siltitos (*op. cit.*, 2007), geralmente associados a camadas de carvão.

Esse sítio deposicional corresponde à ambientes de baixa energia, com águas calmas, e anóxico, que favoreceram a formação de carvão. Portanto, a preservação de *C. brasilianus* também está associada ao pouco transporte dessas estruturas, o qual deve corresponder apenas àquele promovido pelo processo de dispersão através de mecanismo barocórico das sementes, sendo aparentemente um registro do tipo parautóctone.

**Interpretações:** Frutificações do tipo *Arberia* são encontradas com certa frequência nesse afloramento. Esse registro associado à alta ocorrência de sementes leva à interpretação de que a planta-mãe de *C. aff. C. brasilianus* poderia compor a vegetação de diversos ambientes, desde aquelas à margem dos corpos d'água até aquelas que crescem na planície de inundação.

O tamanho diminuto de *C. aff. C. brasilianus*, além de inferir a ação do vento como agente dispersor, também sugere que essa espécie compunha a vegetação típica de sucessão primária (CHALONER; SHERIN *apud* ARCHANGELSKY, 1995; HUGHES et al., 1994)

Além disso, a ausência de estruturas de dispersão especializadas parece ser compensada pela produção de muitas sementes por indivíduo, o que também justificaria a abundância dessa forma nos registros.

**Afinidade botânica:** As frutificações do tipo *Arberia* tem sua posição sistemática muito discutida (BERNARDES-DE-OLIVEIRA, 1978), pois, segundo (ANDENDORFF, 2005), as frutificações desse tipo nunca foram encontradas conectadas à folhas de glossopterídeas. Contudo essas frutificações são frequentemente relacionadas, na literatura, às glossopterídeas (BERNARDES-DE-OLIVEIRA et al., 2000) e são provavelmente os representantes mais basais das estruturas férteis deste grupo (ANDENDORFF, 2005). Considerando que se encontrou um espécime de *C. aff. C. brasilianus* associado a uma frutificação do tipo *Arberia*, é bem provável que a planta-mãe dessa semente seja uma representante do grupo das glossopterídeas. Além disso, uma grande quantidade de folhas de glossopterídeas (i. é, *Glossopteris* spp. e *Gangamopteris* spp.) foi encontrada em associação com essas sementes em todos os níveis amostrados aqui (IANNUZZI et al., 2003, 2006). No entanto para confirmar tal suposição seria necessário um maior esforço amostral a fim de se tentar encontrar

alguma frutificação com sementes associadas que estivesse conectada, por sua vez, a uma folha de alguma glossopterídea, o que não foi logrado no registro gondvânico até o presente momento.

*Cordaicarpus* sp. 1

Figuras 2 D, E

**Material:** MP-Pb 2608A - D; 2613A-E; 4392a/b A-D; 4393A.

**Localidade:** Cerro Negro e Morro do Papaléo, Seção Faxinal de Souza & Iannuzzi (2008, *prelo*), equivalente aprox. ao nível N2 de Iannuzzi et al. (2003, 2006), ambos em Mariana Pimentel, RS.

**Ocorrência:** Topo do Grupo Itararé e Formação Rio Bonito.

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio - Artinskiano precoce).

**Descrição:** Semente pequena, superfície densamente estriada, comprimento em torno de 5,5 mm e largura de aproximadamente 3 mm. Ápice alongado e agudo e base arredondada, apresentando uma cicatriz do pedúnculo de inserção da semente. A testa indiferenciada assume sua maior espessura na região apical da semente.

**Análise das feições biológicas:** É uma semente pequena, com aspecto fibroso na superfície que confere uma resistência superior à semente. Não possui estruturas de dispersão evidentes.

Essa espécie possui, em uma amostra, o registro de uma frutificação com quatro sementes associadas (MP-Pb 4392ab) (Figura 2D). A análise desse material afasta qualquer possibilidade de dispersão por autocoria, visto que a frutificação não possui uma morfologia elaborada com mecanismos que possam atuar na dispersão das sementes. Uma vez que, segundo van der Pijl (1969, p. 70), a dispersão autônoma é geralmente o desenvolvimento de movimentos servindo para expor os diásporos a algum agente de dispersão sendo, a autocoria para o autor, um processo ativo. Portanto, no caso de *Cordaicarpus* sp. 1, a síndrome de dispersão é a Barocoria, assim como descrito para *S. aff. S. millaniana*, sendo, no entanto, comprovada pelo registro fóssil.

Além da Barocoria, a dispersão pelo vento, Anemocoria, figura como uma possibilidade de síndrome associada, visto que, pelo tamanho diminuto apresentado por *Cordaicarpus* sp. 1, com cerca de 5 mm, o vento passa a ser um importante agente dispersor, mesmo para aquelas sementes sem adaptação morfológica (HUGHES et al., 1994). No entanto, essa possibilidade deve ser mais bem analisada,

visto que o tamanho médio dos espécimes está no limiar das proposições feitas por Chaloner & Sherin citado por Archangelsky (1995), sendo que deles alguns ultrapassam essa medida.

Assim como fora discutido para as outras espécies, a possibilidade de dispersão biótica para *Cordaicarpus* sp. 1 é bastante limitada, visto que da fauna existente no intervalo, apenas peixes poderiam atuar como agentes de dispersão por endozoocoria. Por conseguinte, a presença de outra síndrome associada, nesse caso, não pode ser evidenciada através de estruturas dispersivas, uma vez que, como foi dito, elas não existem.

**Análise das Feições tafonômicas:** *Cordaicarpus* sp.1 ocorre em dois afloramentos, Cerro Negro e Morro do Papaléo, Seção Faxinal, próximos ao centro da cidade de Mariana Pimentel. O estado de preservação do material é ótimo, estando a grande maioria dos espécimes completos.

O afloramento Cerro Negro foi pouco estudado até o presente momento. O seu perfil estratigráfico, segundo Delaney (1964), consiste em conglomerados presentes nos níveis mais basais (fácies 1), seguidos acima por um pacote de arenitos finos e siltitos argilosos (fácies 2); logo acima há um intervalo de argilitos carbonosos e siltitos (fácies 3), intercalados por ocasionais lentes de arenitos quartzosos e carbonatos e, por fim, ocorre no topo da seção, uma cobertura espessa composta por arenitos conglomeráticos quartzosos intercalados a siltitos arenosos (fácies 4).

O material coletado e utilizado nesse estudo provém da fácies 3, correspondendo a um ambiente de deposição de baixa energia, caracterizando depósitos de planícies de inundação em sistemas fluviais. Esse afloramento, segundo Corrêa da Silva (1978), está situado estratigraficamente na Formação Rio Bonito, estando o contato com o topo do Grupo Itararé encoberto pela vegetação.

O outro afloramento, Morro do Papaléo, Seção Faxinal, como foi dito quando da discussão de *S. kurtzii*, também foi pouco explorado. Sabe-se, no entanto que corresponde ao topo do Grupo Itararé e que os fósseis foram encontrados em níveis subjacentes do nível N4 do Morro do Papaléo, descrito por Iannuzzi et al.(2003, 2006). Esse depósito foi interpretado como típico de ambientes de águas calmas e rasas, tais como lagos e lagunas (ANDREIS, et al, 1979).

Analisando separadamente os sítios de deposição, e comparando-os com o que está registrado nas amostras, pode-se concluir que no afloramento Cerro Negro, embora represente ambiente de baixa energia, as sementes encontram-se espalhadas

aleatoriamente nas amostras, desconectadas de frutificação, sendo consideradas, portanto, parautóctones.

No caso do Morro do Papaléo, Seção Faxinal, o registro da frutificação com sementes associadas indica o mínimo transporte sofrido pela estrutura, pois, caso contrário, por ser delicada, essa associação seria rapidamente desconectada. Portanto, o registro referente ao topo do Grupo Itararé é aqui interpretado como autóctone/parautóctone.

**Interpretação:** Tendo em vista as características dos dois sítios deposicionais e a distribuição dos fósseis nos registros, acredita-se que *Cordaicarpus* sp. 1 ocupava ambientes às margens de corpos d'água, como lagos e lagunas. O material coletado nos depósitos da planície de inundação corresponde, provavelmente, a registros de uma cheia e extravasamento dos corpos d'água. A planta-mãe de *Cordaicarpus* sp. 1 compunha vegetação de sucessão primária e a síndrome de dispersão associada, depois da barocoria, poderia ter sido a da anemocoria, que, entretanto, não pode ser seguramente confirmada, pois seria necessário um maior esforço amostral a fim de buscar dados mais seguros a esse respeito.

**Afinidade botânica:** Registros de folhas de *Glossopteris communis* e *Gangamopteris* spp., caules (tipo *Paracalamites*) e ramos foliosos de esfenófitas (*Phyllothea* sp. e *Stephanophyllites* sp.), assim como frondes fragmentadas de *Botrychiopsis plantiana*, foram encontrados no afloramento Morro do Papaléo, Seção Faxinal (SOUZA & IANNUZZI, 2008, *prelo*). Se forem utilizados os dados conhecidos sobre as estruturas reprodutivas dos grupos vegetais associados com as características apresentadas pelos espécimes de *Cordaicarpus* sp. 1, o único grupo presente que poderia ser apontado como provável portador dessas sementes seria o das glossopterídeas, devido às pequenas dimensões que apresentam elas possuem. No entanto, a frutificação encontrada não se assemelha com aquelas descritas para as glossopterídeas na literatura (ANDENDORFF, 2005). Aparentemente, ela não foi, ainda, descrita, e lembra mais um fragmento de um ramo fértil do que uma frutificação, similar aos encontrados em coníferas primitivas do paleozóico, conforme literatura. Portanto, não há como inferir a afinidade botânica de *Cordaicarpus* sp.1.

*Cordaicarpus* sp. 2

Figuras 2F, G

**Material:** MP-Pb 3968 A; 3969 B, C; 3972 A, B.

**Localidade:** Morro do Papaléo, em Mariana Pimentel, RS.

**Ocorrência:** Nível fossilífero 2 (= N2), topo do Grupo Itararé; conforme Iannuzzi *et al.* (2003; 2006).

**Idade:** Eopermiano (Sakmariiano tardio).

**Descrição:** Semente estriada, ápice agudo e base truncada, com comprimento em torno de 8 mm e largura entre 5 mm. A testa mostra-se estreita nas laterais da semente e, na região basal, apresenta um espessamento considerável, onde termina de forma truncada o que corresponde à região de inserção da semente na planta-mãe.

**Análise das feições biológicas:** Assim como *Cordaicarpus* sp. 1, *Cordaicarpus* sp. 2 é pequena e sem estruturas de dispersão evidentes. Possui uma superfície fibrosa, que confere maior resistência à semente, e uma base truncada que sugere uma forte conexão com a frutificação.

Os espécimes de *Cordaicarpus* sp. 2 encontram-se dispersos no sedimento, sem nenhuma evidência de contato com a planta geradora. Possuem poucos espécimes preservados, a maioria com todas as estruturas diagnósticas presentes. Alguns espécimes apresentam certo grau de degradação, que provavelmente deve-se a ação biológica (MP-Pb 3969A). De acordo com Collinson citado por Martin (1999), as sementes são mais resistentes à degradação mecânica, sendo a degradação biológica a de ação mais importante nestas estruturas.

Quanto à possível síndrome de dispersão adotada, a presença da base truncada afasta a possibilidade de Autocoria, sendo provável a dispersão pelo mecanismo de Barocoria, pois, quando maduras, essas sementes provavelmente se desconectariam da planta-mãe com o auxílio do peso e ação da força da gravidade.

Como síndrome associada, a Anemocoria não parece ser viável devido ao tamanho apresentado pelo diásporo. Dessa forma, seria necessária a presença de alguma estrutura especializada como pêlos ou plumas para facilitar o deslocamento pela ação do vento (CHALONER; SHERIN *apud* ARCHANGELSKY, 1995). No entanto, assim como foi discutido anteriormente para as outras espécies de sementes, sempre existe a possibilidade da dispersão biótica para *Cordaicarpus* sp.2, mesmo sendo ela bastante limitada em termos de vertebrados. Essa seria através de algum tipo de peixe, e a estrutura fibrosa que envolve o corpo central da semente (nucelo) estaria responsável pela proteção da reserva nutritiva e do embrião durante a passagem pelo trato digestivo do animal.

Os peixes, como foram mencionados em outro momento, atuavam como possíveis dispersores generalistas (TIFFNEY, 1984), estando as sementes dentre as partes vegetais ingeridas. Contudo, para a confirmação dessa hipótese seria necessário encontrar o registro de coprólitos repletos de sementes identificáveis ou até mesmo o de um animal com o sistema digestório cheio, como já foi mencionado para o caso de *Samaropsis* sp. aff. *S. millaniana*.

**Análise das Feições tafonômicas:** *Cordaicarpus* sp.2 ocorre no afloramento Morro do Papaléo, localizado no município de Mariana Pimentel. Os espécimes recuperados desse afloramento encontram-se preservados na forma de impressão/compressão.

O nível fossilífero de ocorrência de *Cordaicarpus* sp. 2, está descrito no perfil estratigráfico proposto por Iannuzzi et al. (2003, 2006) e corresponde ao topo do Grupo Itararé. Esse nível (N2) é formado por ritmitos siltico-argilosos, de coloração bege a cinza-escuro, característicos de ambientes de sedimentação de baixa energia, os quais representam ambientes lacustres e lagunares, conforme Iannuzzi et al. (2003, 2006).

A qualidade da preservação do material, com estruturas delicadas preservadas na maioria dos espécimes, as características do ambiente deposicional, e a ausência de estruturas especializadas para a dispersão denota o pouco transporte dessas estruturas, sendo elas consideradas parautóctones.

**Interpretações:** Devido a pouca quantidade de espécimes coletados, as possíveis interpretações ficam ainda mais incipientes. O que pode ser inferido no momento é que, sendo *Cordaidarpus* sp.2 uma semente pequena, sua planta-mãe compunha, provavelmente a associação vegetal de sucessão primária, sendo responsável pela colonização de novos habitats.

A escassez do registro pode inferir um hábito mais distante do corpo d'água, e a decomposição apresentada por alguns espécimes pode ser resultado da exposição efêmera dessas sementes à umidade, estando sujeitas à ação as variações do nível dos corpos d'água, facilitando, assim, a atuação dos decompositores.

Outra possibilidade seria justamente o oposto, sendo habito da planta-mãe a proximidade do corpo d'água. Assim, a dispersão por peixes poderia ser uma síndrome associada à barocoria. Neste caso, a degradação apresentada seria o resultado da passagem da semente pelo trato digestivo dos peixes.

Para esclarecer esse impasse, é necessário um maior esforço amostral nesse nível, a fim de buscar novas evidências a respeito das duas possibilidades

supracitadas. Ademais, o estudo com peixes no sul da Bacia do Paraná deveriam ser aprofundados, principalmente, no que diz respeito aos hábitos alimentares desses animais.

**Afinidades botânicas:** Estudos realizados por Iannuzzi et al. (2007) indicam a presença de impressões de frondes de *Botrychiopsis* sp. e de folhas de *Glossopteris*, *Gangamopteris* e *Cordaites*. Contudo, nas mesmas amostras obtidas que contém os espécimes de *Cordaicarpus* sp.2, não há registro de outras partes vegetais. Utilizando-se dos dados expostos na literatura, o grupo das glossopterídeas seria o mais provável candidato à planta-mãe dessas sementes, dentre aqueles presentes no afloramento, tendo em mente o tamanho pequeno das sementes estudadas, similar ao já encontrado em frutificações de glossopterídeas (ANDENDORFF, 2005).

## CONCLUSÕES

A utilização das sementes como uma ferramenta na busca do entendimento da biologia das espécies vegetais pretéritas, de suas estratégias de reprodução, bem como do seu hábito e habitat, ou mesmo do estágio de sucessão ocupado pelas plantas-mãe destas estruturas, parece não só ser viável, mas também fundamental para trabalhos que visem a reconstrução paleoambiental e/ou da flora local. Ainda que incipiente, essa análise traz informações que tendem a ser cada vez mais conclusivas, à medida que avancem os estudos em Paleobotânica.

No entanto, é fundamental contar com um registro de boa qualidade, não só em termos de preservação, mas também em termos de quantidade de material a ser analisados, além de estudos tafonômicos e taxonômicos bem fundamentados, fazendo com que comparações tornem-se viáveis, aumentando a base de dados das sementes fósseis.

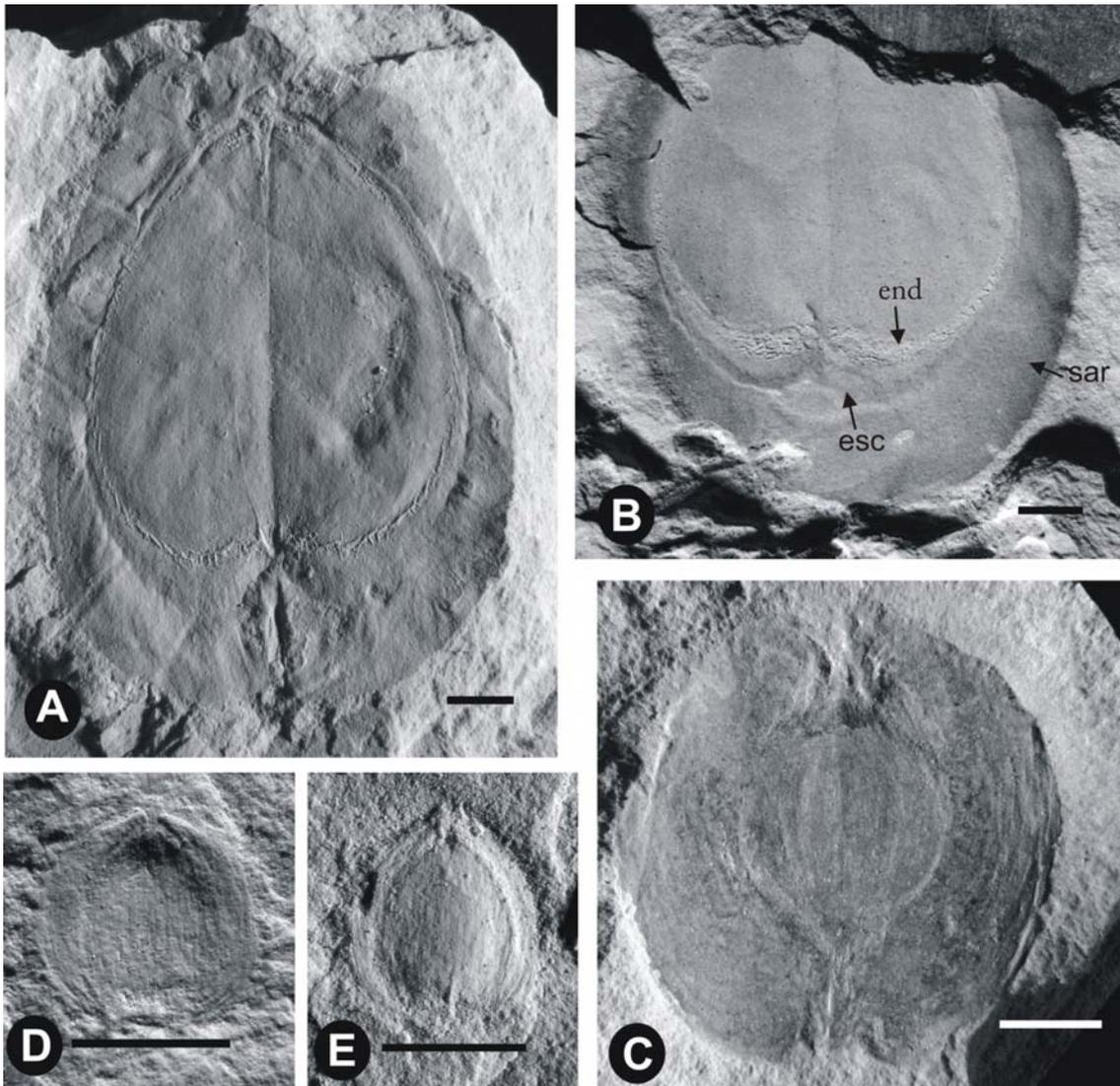
A análise das síndromes de dispersão e dos agentes dispersores das sementes do Permiano Inferior do Rio Grande do Sul permitiu identificar três principais síndromes de dispersão para as seis morfoespécies analisadas, as quais são: hidrocoria para *Samaropsis gigas*, anemocoria para *Samaropsis kurtzii* e barocoria para *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus*, *Cordaicarpus* sp. 1 e *Cordaicarpus* sp. 2. Além disso, puderam-se organizar espacialmente essas morfoespécies sendo tendo sido obtidos os resultados mais significantes com *S. gigas*, os quais indicam que planta-mãe habitaria as proximidades dos corpos d'água e com *S.*

*kurtzii*, em que a planta-mãe ocuparia ambientes mais distais ao corpo d'água, apresentando então um hábito mesófilo. Em termos taxonômicos, os resultados conclusivos são modestos. Pode-se considerar *Cordaicarpus* aff. *Cordaicarpus brasilianus* como uma provável semente do grupo das glossopterídeas, devido a sua conexão com uma frutificação do tipo *Arberia*. Em conseqüência, interpreta-se que as glossopterídeas teriam hábito mais generalista, investindo mais na quantidade de sementes por indivíduo em detrimento de morfologias especializadas à dispersão.

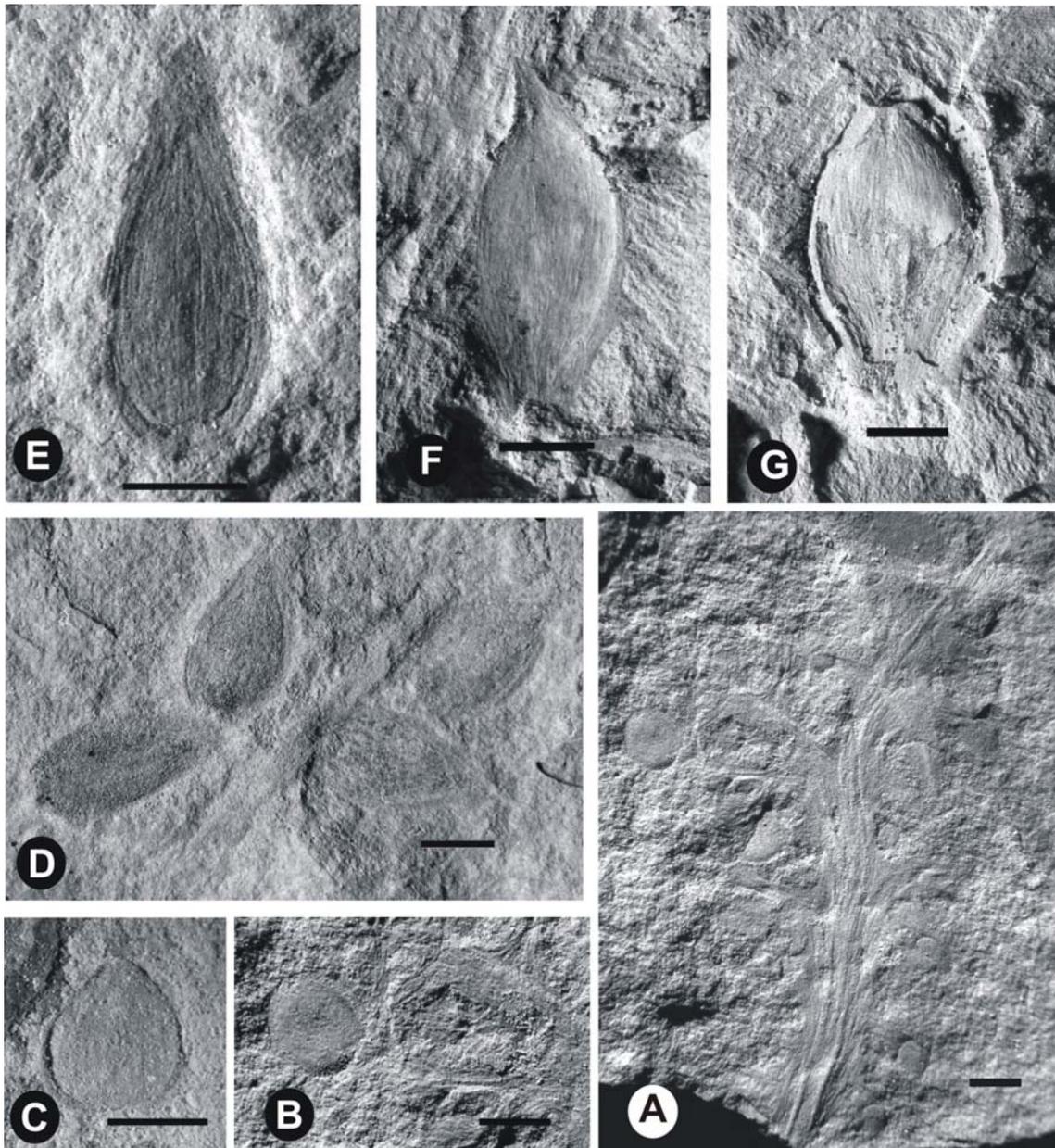
Tendo em vista a análise aqui realizada, espera-se que esse trabalho possa servir de estímulo para que novos estudos sejam desenvolvidos, aumentando a discussão acerca de tema e enriquecendo os resultados. Para isso é imprescindível ampliar a base de dados a partir das classificações taxonômicas das sementes, sendo por isso fundamental que os paleobotânicos passem a dar mais atenção a essas estruturas.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelos auxílios concedidos na forma de bolsa de pós-graduação à autora sênior (JMS), de bolsa pesquisador (PQ 309322/2007-3) ao co-autor (RI) e de apoio à pesquisa (MCT/CNPq 15/2007, Processo 483463/2007-8), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo auxílio concedido na forma de apoio ao desenvolvimento de pesquisa (PROAPP 04/1066-0) e ao Técn. Flávio F. Lopez (DPE-IG-UFRGS), pela excelente produção do material fotográfico.



**Figura 1:** **A**, MP-Pb 3992, *Samaropsis gigas*, espécime completo; **B**, MP-Pb 3662, *S. gigas*, detalhe da região basal da semente, com as três testas evidentes; **C**, MP-Pb 2824a, *Samaropsis Kurtzii*, mostrando a testa membranácea bem desenvolvida; **D** – **E**, MP-Pb 3941, MP-Pb 3946D, *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, espécimes completos. Abreviaturas: **end**, endotesta; **esc**, esclerotesta; **sar**, sarcotesta. Escalas: 5 mm.



**Figura 2:** **A**, MP-Pb 3746, *Cordaicarpus* aff. *C. brasiliensis*, espécimes associados, alguns ainda conectados, à frutificação tipo *Arberia*; **B**, MP-Pb 3746, *Cordaicarpus* aff. *C. brasiliensis*, espécime completo; **C**, MP-Pb 3682A, *Cordaicarpus* aff. *C. brasiliensis*, espécime completo; **D**, MP-Pb 4392b, *Cordaicarpus* sp. 1, frutificação com sementes associadas; **E**, MP-Pb 2808C, *Cordaicarpus* sp. 1, espécime completo; **F – G**, MP-Pb 3969B, *Cordaicarpus* sp. 2, espécime completo; MP-Pb 3969A, *Cordaicarpus* sp. 2, espécime com sinais de degradação. Escalas: 2 mm

## REFERÊNCIAS

- ANDREIS, R.R.; CAZZULO-KLEPZIG, M.; GUERRA-SOMMER, M. & MARQUES-TOIGO, M. Interpretação paleoambiental e estudo paleobotânico e palinológico do Grupo Itararé, na área de Faxinal, Município de Guaíba, RS. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, IX. *Atas*, Natal, 1979. p. 65- 77.
- ANDREWS, H. N. Early Seed Plants Recent fossil discoveries shed light on the evolution of the seed and on seed-plant progenitors. **Science**. Vol. 142. no. 3594, 925 – 931, 1963.
- ANDENDORFF, R. **A Revision of the ovuliferous fructifications of *Glossopteris* from the Permian of South Africa**. Tese de doutorado (Faculty of Science) – University of the Witwatersrand, Johannesburg, 2005
- ARCHANGELSKY, A. *Patagosperma lubeckense*, nueva semilla de gimnosperma del permico inferior de La provincia de Chubut. Implicancias paleobiologicas. **Revista da Associação de Paleotologia Argentina**. 32(4): 351 – 357, 1995.
- ARAÚJO-BARBERENAI, D. C.; LACERDA FILHO, J. V.; TIMM, L. L. Mesossauro da Serra do Caiapó (Montividiu), GO: Um vertebrado fóssil típico do Paleozóico Superior, importante na história da Deriva Continental. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPO, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BEBERT-BORN, M. L. C. (Edits.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) 2002. v. 01: 81-85, 2002.
- AZCUY, C. L.; ANDREIS, R.R.; CUERDA, A.; HÜNICKEN, M. A.; PENSA, M. V.; VALENCIO, D. A.; VILAS, J. F. Cuenca Paganzo. In: ARCHANGELSKY, S. (Ed.) *El Sistema Carbonífero em La República Argentina*. Cordoba, República Argentina, 1987, 383 p. (mais ilustrações)
- BATEMAN, E.M. 2. Palaeoecology. In: CLEA, C.J. **Plant fossils in geological investigation**. The Palaeozoic. London: Ellis Horwood Limited, 1991. p. 34-116.
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; RICARDI-BRANCO, F.; RÖSLER, O. As estruturas reprodutivas de Glossopterídeas na sucessão das taofloras Permianas da Bacia do Paraná, Brasil. **Geociências**, v(nº especial): 62-68, dez 2000.
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C.; CASTRO-FERNANDES, M.C.; TEWARI, R. & RICARDI-BRANCO, F. Platyspermic seeds from the Early Permian of Paraná Basin, Brazil. **The Palaeobotanist**, 56:1-19, 2007.
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C. Frutificações de Pteridospermófitas Eogondvânicas da Camada Irapuá, Formação Rio Bonito, nos arredores de Criciúma, SC. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Geologia**, Recife, (2): 986-1001
- BERTINI, R. J. Répteis. In: CARVALHO, I. S. (ed.). **Paleontologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, v.1, 2004, 861 p.
- CHALONER, W. G. & SHERIN, A. The evolution of reproductive strategies in early land plants. In: SCUDDER, G. & REVEAL, J. (eds.) **Evolution Today**, Proceedings of the Second International Congress of Systematic and Evolutionary Biology, Pittsburg,

PA, 93 – 100, 1981 *apud* ARCHANGELSKY, A. *Patagosperma lubeckense*, nueva semilla de gimnosperma del permico inferior de La provincia de Chubut. Implicancias paleobiologicas. **Revista da Associação de Paleotologia Argentina**. 32(4): 351 – 357, 1995.

CORRÊA DA SILVA, Z.C. Observações sobre o Grupo Tubarão no Rio Grande do Sul com especial destaque à estratigrafia da Formação Itararé. **Pesquisas**, 9:9-61, 1978.

DEHGAN, B.; YUEN, C. K. K. H. Seed morphology in relation to dispersal, evolution, and propagation of *cycas l.* **Bot. Gaz.** 144(3): 412 – 418, 1983.

DELANEY, P. J.V. Itararé outliers in Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim paranaense de Geografia**, Curitiba. 10/15:161-171, 1964.

ERIKSSON, O.; FRIIS, E. M.; LÖFGREN, P. Seed Size, Fruit Size, and Dispersal Systems in Angiosperms from the Early Cretaceous to the Late Tertiary. **The American Naturalist**. 156(1): 47 – 58, 2000.

FERREIRA, J. T. S.; SILVA, H. P.; KELLNER, A. W. A. Mesossauros. **Saúde e Ambiente em revista**. 1: n.1, p.01-07, 2006.

GASTALDO, R. A.; PFEFFERKORN, H. W.; DIMICHLE, W. A. Taphonomic and sedimentologic characterization of roof-shale floras. **Geological Society of America**. 185: 341 – 352, 1995.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of Seed Dispersal. **Ann Rev. Ecol. Syst.** 13: 201 – 228, 1982.

HUGHES, L.; DUNLOP, M.; FRENCH, K.; LEISHMAN, M. R.; RICE, B.; RODGERSON, L.; WESTOBY, M. Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes. **Journal of Ecology**. 82: 933 – 950, 1994.

IANNUZZI, R. Afloramento Bainha (Criciúma), SC - Flora Glossopteris do Permiano Inferior. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPO, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BEBERT-BORN, M. L. C. (Edits.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 01: 23-31, 2002.

IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G.; VIEIRA, C. E. L. & PEREIRA, L.S. Phytobiostratigraphical revaluation of the southern Brazilian Gondwana sequence (Paraná Basin, Lower Permian). In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN STRATIGRAPHY, *Abstracts*, Utrecht, Netherlands, 15, 2003. p. 240-242.

IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; SOUZA, P. A.; HOLZ, M.; CARAVACA, G.; ADAMI-RODRIGUES, K.; TYBUSCH, G. P.; SOUZA, J. M.; SMANIOTTO, L. P.; FISCHER, T. V.; SILVEIRA, A. S.; LYKAWKA, R.; BOARDMAN, D. R.; BARBOZA, E. G. Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS - Registro ímpar da sucessão sedimentar e florística pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BEBERT-BORN, M. L. C.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Edit.), 2006.

IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; CARAVACA, G. Taphonomy and paleoecology of the southern Brazilian *Glossopteris* Flora (Paraná Basin, Lower Permian). **Cuadernos del Museo Geominero**, 8: 201-206, 2007.

IANNUZZI, R.; SOUZA, P. A.; SCHERER, C. M. S.; HOLZ, M. Plantas Fósseis na Bioestratigrafia dos Depósitos Permianos do Rio Grande do Sul. In: IANNUZZI, R.; FRANTZ, J. C. (Ed.) **50 Anos de Geologia**. Instituto de Geociências. Contribuições. Porto alegre, Ed. Comunicação e Identidade, p. 265-281, 2008

JAKOBSSON, A.; ERIKSSON, O. A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. **OIKOS**. 88: 494–502, 2000.

LEGUIZAMON, R.R. Paleophytologia Kurtziana III. 6. Revision de lãs semillas platispermicas de Bajo de Los Velez (San Luis), ilustradas en el “Atlas de Plantas Fosiles de La Republica Argentina” (F.Kurtz, 1921). **Ameghiniana**, 8(3/4):259-264.

LEISHMAN, M. R.; WHIGHT, I. J.; MOLES, A. T.; WESTOBY, M. The evolutionary ecology of seed size. In: FENNER, M. (ed.) **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2.ed. 2000. p.31-57.

LORTS, C. M.; BRIGGERMAN, T.; SANG, T. Evolution of fruits types and seed dispersal: a phylogenetic and ecological snapshot. **Journal of Systematics and Evolution**. 46 (3): 396–404, 2008

MARTIN, R. E. **Taphonomy: a process approach**. Cambridge Paleobiology Series, 1999.

MOLES, A. T.; ACKERLY, D. D.; WEBB, O. C.; TWEDDLE, J. C.; DICKIE, J. B. WESTOBY, M. A brief history of seed size. **Science**. 307: 576 – 580, 2005

OLIVEIRA, M. E. C. B. & PONTES, C. E. S. Algumas observações sobre cordaitófitas da Formação Rio Bonito. Grupo Tubarão Bacia do Paraná Brasil. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 1. **Actas**, Santiago do Chile, v. 3, p. L22-L81, 1976.

REMY, W. The floral changes at the Carboniferous-Permian boundary in Europe and North America. In: BARLOW, J. A. (ed.) **The Age of the Dunkard**. Morgantown: West Virginia Geological and Economic Survey, 1975. p. 305-355.

RICHTER, M. Peixes fósseis do Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M.; DE ROS, L.F. (Ed.) **Paleontologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 162 – 175.

SCOTT, A. & COLLINSON, M. Investigating fossil plant beds, part 1: the origin of fossil plants and their sediments. **Journal of the Association of Teachers of Geology**. 7(4): 114 – 122, 1983.

SOUZA, J. M.; IANNUZZI, R. Sementes do gênero *Samaropsis* Goeppert no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. **Revista brasileira de Paleontologia**. 10(2): 95 – 106, 2007.

SOUZA, J. M.; IANNUZZI, R. The genus *Cordaicarpus* Geinitz in the Lower Permian of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista brasileira de Paleontologia**. (prelo)

SPICER, R. A. Plant taphonomic processes. In: ALLISON, P. A. & BRIGGS, D. E. (eds.) **Taphonomy**: releasing the data locked in the fossil record. Topics in Geobiology, New York: Plenum Press, 1991, p. 78 – 113.

TAYLOR, T.N. & TAYLOR, E.L. **The Biology and Evolution of Fossil Plants**. 1<sup>a</sup> ed. Nova Jersey, Prentice Hall, 1993, 982 p.

TIFFNEY B. H. Seed size, dispersal syndromes and the rise of the angiosperms: evidence and hypothesis. **Annals of the Missouri Botanical Garden**. 71: 551 – 576, 1984.

TIFFNEY B. H. Evolution of seed dispersal syndromes according to the fossil record. In: MURRAY D. R. (org.) **Seed dispersal**. San Diego: Academic Press, 1986, 322p.

TIFFNEY B. H. Vertebrate dispersal of seed plants through time. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** 35:1–29, 2004. Disponível em <<http://arjournals.annualreviews.org>>

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in Higher plants**. Springer-Verlag, New York, 1969. **Seeds**: the ecology of regeneration in plant communities. 2.ed. 2000, 85-110.

WILLSON, M. F. & TRAVESSET, A. The ecology of seed dispersal. In: FENNER, M. (ed.) **Seeds**: the ecology of regeneration in plant communities. 2.ed. 2000. 85-110.

WANG, B. C. & SMITH, T. B. Closing the seed dispersal loop. **Trends in Ecology & Evolution**. 17(8):379-385, ago. 2002.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise taxonômica de sementes preservadas em diferentes níveis estratigráficos (Grupo Itararé e Formação Rio Bonito) nos afloramentos Morro do Papaléo, Cerro Negro e Morro do Papaléo – Seção Faxinal, permitiu identificar seis morfoespécies do gênero *Samaropsis* e quatro do gênero *Cordaicarpus*.

Para a análise taxonômica desenvolvida, foi utilizado o “Esquema de Maithy”, desenvolvido em 1965 e, posteriormente, aprofundado de maneira sistêmica por Millan (1994). Este esquema teve grande serventia visto que organizou, em uma única tabela, todas as espécies de sementes preservadas na forma de impressão e compressão descritas até sua proposição. Recentemente, este mesmo esquema foi atualizado por Bernardes-de-Oliveira et al. (2007), ampliando sua utilização e facilitando os estudos comparativos (MAITHY, 1965; MILLAN, 1994; BERNARDES-DE-OLIVEIRA et al., 2007).

Entre os resultados taxonômicos mais significativos está a identificação de uma nova morfoespécie, *Samaropsis gigas* Souza & Iannuzzi, nos níveis fossilíferos N4 e N8 do Morro do Papaléo (IANNUZZI et al., 2003, 2006, 2007), que se distribui, portanto, do topo do Grupo Itararé (N4) até a porção médio-superior da Formação Rio Bonito, Grupo Guatá (N8), sugerindo uma idade que vai do Sakmariiano tardio ao Artinskiano precoce para ocorrência dessa espécie.

É registrada, também, no afloramento Morro do Papaléo – Seção Faxinal, no topo do Grupo Itararé (Sakmariiano tardio), a presença de sementes atribuídas à espécie *Samaropsis kurtzii* Leguizamón. Essa espécie só havia sido assinalada até o momento para a localidade de Bajo de Véliz (Asseliano-Sakmariiano), na Bacia de Paganzo, nordeste da Argentina (LEGUIZAMÓN, 1971). Este é o seu primeiro registro no país.

Como formas afins, obtiveram-se para o gênero *Samaropsis* dois morfotipos. Espécimes semelhantes à *Samaropsis millaniana* Oliveira & Pontes, foram encontrados no nível fossilífero N8 do afloramento Morro do Papaléo. Essa espécie estava antes restrita aos afloramentos Bainha, São Marcos e Hospital, em Criciúma, no estado de Santa Catarina (OLIVEIRA; PONTES, 1976). Todas as localidades são provenientes da Formação Rio Bonito (Artinskiano precoce).

Apenas um espécime semelhante à *S. rigbyi* Millan foi coletado e analisado. Essa espécie, originalmente descrita para o topo do Grupo Itararé

(Sakmariano), no estado de São Paulo (MILLAN, 1977), foi identificada em um nível equivalente (N4), que também corresponde ao topo do Grupo Itararé no afloramento Morro do Papaléo, considerado aqui como de idade sakmariana tardia.

Como duas possíveis formas inéditas, foram descritos ainda os morfotipos de *Samaropsis* sp. 1 e *Samaropsis* sp. 2. Estas formas ocorrem no topo do Grupo Itararé (nível fossilífero N4) e na Formação Rio Bonito (nível fossilífero N8). Contudo, por serem registros raros ou incompletos, não puderam ser classificadas como espécies, permanecendo apenas identificadas no gênero *Samaropsis*.

Para o gênero *Cordaicarpus*, duas novas espécies foram propostas, sendo aqui provisoriamente denominadas *Cordaicarpus* sp. 1 e *Cordaicarpus* sp. 2 (SOUZA; IANNUZZI, 2008, *prelo*). A primeira forma é proveniente do afloramento Morro do Papaléo – Seção Faxinal, correspondente ao topo do Grupo Itararé, e do afloramento Cerro Negro (CORRÊA DA SILVA, 1978), posicionado na Formação Rio Bonito. Este registro foi datado como sendo do Sakmariano tardio e Artinskiano precoce, respectivamente. Já *Cordaicarpus* sp. 2 ocorre apenas no afloramento Morro do Papaléo, no nível fossilífero N2, que corresponde ao topo do Grupo Itararé (Sakmariano tardio).

Ainda referente ao gênero *Cordaicarpus*, foi registrado pela primeira vez, nos níveis fossilíferos N4, N7 e N8 do afloramento Morro do Papaléo, intervalo Sakmariano tardio – Artinskiano precoce, espécimes similares à *Cordaicarpus brasilianus* Bernardes-de-Oliveira, Castro-Fernandes, Tewari, Ricardi-Branco, espécie originalmente descrita somente para o topo do Grupo Itararé, em Cerquilho, no estado de São Paulo (BERNARDES-DE-OLIVEIRA et al., 2007). Caso a ocorrência de *C. brasilianus* venha a se confirmar para os depósitos do Rio Grande do Sul no futuro, haverá uma extensão da distribuição estratigráfica dessa espécie, passando a ser registrada, também, na Formação Rio Bonito.

Por fim, as últimas formas afins encontradas no material estudado, foram dos espécimes semelhantes à espécie *Cordaicarpus famatinensis* Gutierrez, Ganuza, Morel e Arrondo (GUTIERREZ et al., 1992), descrita originalmente para a Formação Águas Claras, do Carbonífero Superior da Argentina. No Rio Grande do Sul, sua ocorrência, se confirmada, estará restrita ao nível fossilífero N4 do afloramento Morro do Papaléo, que corresponde ao topo do Grupo Itararé (Sakmariano tardio). Caso haja a confirmação da presença dessa espécie no estado, sua distribuição estratigráfica será alterada, ocorrendo então desde o Carbonífero Superior até o Permiano Inferior.

Dentre as dez morfoespécies que passaram pela análise taxonômica, seis foram utilizadas como ferramenta para interpretações paleoecológicas. A partir dessa análise foram identificadas três principais síndromes de dispersão (VAN DER PJIL, 1969), as quais seriam: hidrocoria para *Samaropsis gigas*, anemocoria para *Samaropsis kurtzii* e barocoria para *Samaropsis* aff. *S. millaniana*, *Cordaicarpus* aff. *C. brasilianus*, *Cordaicarpus* sp. 1 e *Cordaicarpus* sp. 2.

Além disso, a organização dessas morfoespécies quanto ao hábito e habitat da planta-mãe trouxe importantes resultados, sendo os mais significativos os seguintes: a planta-mãe de *S. gigas* provavelmente ocuparia ambientes próximos ao corpo d'água em comunidades de sucessão vegetacional secundária; *S. kurtzii*, por sua vez, teria uma planta-mãe que ocuparia ambientes mais distais ao corpo d'água, apresentando, então, um hábito mais mesófilo. Quanto à afinidade botânica dessas morfoespécies, poucos são os resultados conclusivos. No entanto, pode-se considerar *Cordaicarpus* aff. *Cordaicarpus brasilianus* como uma provável semente do grupo das glossopterídeas, devido a sua conexão com uma frutificação do tipo *Arberia* (ANDENDORF, 2005). Em consequência da abundância dessa forma no registro bem como as interpretações realizadas a respeito da morfologia dessas estruturas, acredita-se que as glossopterídeas teriam tido um hábito mais generalista, com sementes pouco especializadas, porém abundantes.

Considerando a quantidade de material inédito existente nas coleções, e sua considerável diversidade morfológica e boa preservação, acredita-se que mais estudos como este aqui relatado possam ser realizados, ampliando-se a classificação das sementes e, com isso, tornando a sistemática destas estruturas mais consistente.

Ademais, a viabilidade da utilização das sementes como uma ferramenta a ser somada nos estudos paleoecológicos parece ter sido comprovada, dando importante contribuição em direção a reconstrução da biologia das espécies vegetais pretéritas. Essa utilização, mesmo que ainda pareça frágil, tende a ser cada vez mais conclusiva, à medida que avançam os estudos com sementes fósseis e aumenta a disponibilidade de material para análise. No entanto, é fundamental contar com os esforços dos pesquisadores a fim de criar uma sistemática taxonômica bem fundamentada, interconectando informações e facilitando comparações.

## REFERÊNCIAS

- ANDENDORFF, R. **A Revision of the ovuliferous fructifications of *Glossopteris* from the Permian of South Africa**. Tese de doutorado (Faculty of Science) – University of the Witwatersrand, Johannesburg, 2005
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C.; CASTRO-FERNANDES, M.C.; TEWARI, R. & RICARDI-BRANCO, F. Platspermic seeds from the Early Permian of Paraná Basin, Brazil. **The Palaeobotanist**, 56:1-19, 2007.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. Observações sobre o Grupo Tubarão no Rio Grande do Sul com especial destaque à estratigrafia da Formação Itararé. **Pesquisas**, 9:9-61, 1978.
- GUTIERREZ, P.R.; GANUZA, D.G.; MOREL, E. & ARRONDO, O.G. Los Generos *Cordaicarpus* Arber y *Samaropsis* Goeppert (Semillas Platispérmicas) en el Neopaleozoico Argentino. **Ameghiniana**, 29(1):49-68, 1992.
- IANNUZZI, R.; MARQUES-TOIGO, M.; SCHERER, C.M.S.; CARAVACA, G.; VIEIRA, C. E. L. & PEREIRA, L.S. Phytobiostratigraphical revaluation of the southern Brazilian Gondwana sequence (Paraná Basin, Lower Permian). In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN STRATIGRAPHY, **Abstracts**, Utrecht, Netherlands, 15, p. 240-242, 2003.
- IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; SOUZA, P. A.; HOLZ, M.; CARAVACA, G.; ADAMI-RODRIGUES, K.; TYBUSCH, G. P.; SOUZA, J. M.; SMANIOTTO, L. P.; FISCHER, T. V.; SILVEIRA, A. S.; LYKAWKA, R.; BOARDMAN, D. R.; BARBOZA, E. G. Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS - Registro ímpar da sucessão sedimentar e florística pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná. In: WINGE, M.; SCHOBHENHAUS, C.; BEBERT-BORN, M. L. C.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Edit.), **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, volume III, 2006. Disponível em <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/sitio101.pdf>>
- IANNUZZI, R.; SCHERER, C. M. S.; CARAVACA, G. Taphonomy and paleoecology of the southern Brazilian *Glossopteris* Flora (Paraná Basin, Lower Permian). **Cuadernos del Museo Geominero**, 8: 201-206, 2007.
- LEGUIZAMÓN, R.R. Paleophytologia Kurtziana III. 6. Revision de las semillas platispérmicas de Bajo de Los Velez (San Luis), ilustradas en el “Atlas de Plantas Fósiles de La Republica Argentina”, (F.Kurtz, 1921). **Ameghiniana**, 8 (3-4):259-264, 1971.
- MAITHY, P.K. Studies in the *Glossopteris* flora of India – 18. Gymnospermic seeds and seed-bearing organs from the Karharbari beds of the Giridih coalfield, Bihar. **The Palaeobotanist**, 13 (1):45-56, 1965.
- MILLAN, J.H. Sementes platispérmicas do eogondwana de Cerquilha, São Paulo, (Bacia do Paraná). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 49 (4):581-595, 1977b.
- MILLAN, J.H. O esquema de identificação e classificação das sementes gondvânicas: reatualização e análise crítica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 66 (4): 475-488, 1994.

OLIVEIRA, M. E. C. B. & PONTES, C. E. S. Algumas observações sobre cordaitófitas da Formação Rio Bonito. Grupo Tubarão Bacia do Paraná Brasil. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 1. **Actas**, Santiago do Chile, v. 3, p. L22-L81, 1976.

SOUZA, J. M.; IANUZZI, R. Sementes do gênero *Samaropsis* Goepfert no Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. **Revista brasileira de Paleontologia**. 10(2): 95 – 106, 2007.

SOUZA, J. M.; IANUZZI, R. The genus *Cordaicarpus* Geinitz in the Lower Permian of the Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista brasileira de Paleontologia**. (prelo)

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in Higher plants**. Springer-Verlag, New York, 1969. 153 p.

## ANEXOS:

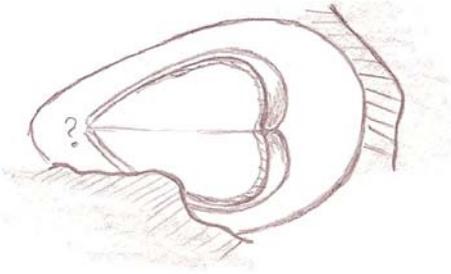
## ANEXO A – Ficha de descrição morfológica e morfométrica dos espécimes

## FICHA DE DESCRIÇÃO

Nº DA ESPÉCIME PB 3429

LOCALIDADE: Umuçus do Papalio  
N 4

ESQUEMA:



? = o número da  
camada epicriote  
e sua espessura

MEDIDAS: C = 52,4 mm  
L = 38,25 mm  
 $0,2 > C$   
 $0,2 < S$

T/N = 0,56

Núcleo  
L = 28,2 mm  
C = 31,4 mm

Endotesta?  
L = 4,9 mm (base)

Epicriote  
Lmax: 3,6 mm (base)  
Lmin: 0,6 mm (lat)

Sarcote  
Lmax: 12,2 mm base  
Lmax: 9 mm ápice  
Lmin: 4,4 mm

OBSERVAÇÕES: Semente com ornamentação dilatada, formato oval no eixo horizontal; Sarcote com ornamentação, maior espessura na base; Núcleo discoide e formato cordiforme. Epicriote atingindo maior espessura na base assumindo formato cordiforme. Espessura variando em direção ao ápice. Unicúspula preservada (mas preservada) Costa mediana preservada, \* Fluxão de endotesta  
→ *Samaropsis*

MEDIDAS DOS DEMAIS ESPÉCIMES:

## ANEXO B- Artigo publicado

Rev. bras. paleontol. 10(2):71-78, Maio/Agosto 2007  
 © 2007 by the Sociedade Brasileira de Paleontologia

## SEMENTES DO GÊNERO *SAMAROPSIS* GOEPPERT NO PERMIANO INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ, SUL DO BRASIL

JULIANE MARQUES DE SOUZA & ROBERTO IANNUZZI

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, UFRGS, Cx. P. 15001, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. [juli\\_souza@ibest.com.br](mailto:juli_souza@ibest.com.br), [roberto.iannuzzi@ufrgs.br](mailto:roberto.iannuzzi@ufrgs.br)

**RESUMO** – O afloramento Morro do Papaléo, localizado no município de Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul, tem se mostrado uma importante fonte de sementes fósseis preservadas na forma de impressões, as quais são provenientes do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, Permiano Inferior da bacia do Paraná. Neste estudo são descritos seis diferentes morfotipos para o gênero *Samaropsis* Goepfert que, possivelmente, correspondem a seis diferentes morfoespécies. Características como a largura da sarcotesta, a forma geral da semente e do mucelo e a textura de sua superfície permitiram a proposição de uma nova espécie, *Samaropsis gigas* nov. sp., e identificar a presença de *Samaropsis kurtzii* Leguizamón, *S. aff. S. millaniana* Oliveira & Pontes e *S. aff. S. rigbyi* Millan. Além disso, uns poucos espécimes foram classificados apenas a nível genérico, tendo sido designados como *Samaropsis* sp. 1 e *Samaropsis* sp. 2.

**Palavras-chave:** Sementes fósseis, Grupo Itararé, Formação Rio Bonito, bacia do Paraná, Rio Grande do Sul.

**ABSTRACT** – SEEDS OF THE GENUS *SAMAROPSIS* GOEPPERT IN THE LOWER PERMIAN OF THE PARANÁ BASIN, SOUTHERN BRAZIL. The Morro do Papaléo outcrop is located in Mariana Pimentel town, Rio Grande do Sul, and has been an important source of fossil seeds. They are preserved as impressions, in deposits of the Itararé Group and the Rio Bonito Formation, Lower Permian of the Paraná Basin. In this study six different morphotypes of seeds of the genus *Samaropsis* Goepfert were described corresponding to six different morphospecies. Analysis of some morphological features, such as size of sarcotesta, the shape of seeds and their mucellus, and the texture of their surfaces, allowed the erection of a new species, *Samaropsis gigas* nov. sp.; and identify the presence of *Samaropsis kurtzii* Leguizamón, *S. aff. S. millaniana* Oliveira & Pontes, and *S. aff. S. rigbyi* Millan. Moreover, a few specimens were classified only in generic level, having been designed as *Samaropsis* sp. 1 and *Samaropsis* sp. 2.

**Key words:** Fossil seeds, Paraná Basin, Itararé Group, Rio Bonito Formation, Rio Grande do Sul State.

### INTRODUÇÃO

Apesar de serem relativamente frequentes nos afloramentos do Paleozóico superior da bacia do Paraná, as sementes sempre ficam relegadas ao segundo plano em relação às estruturas consideradas mais relevantes, tais como folhas, caules e raízes. A análise taxonômica dessas estruturas no Brasil restringe-se aos importantes trabalhos de Millan (1967, 1974, 1977a,b, 1980, 1994, 1995). Cabe salientar que as sementes não só contribuem para o entendimento da complexidade das comunidades de plantas que habitaram épocas pretéritas, como também revelam, através de características morfológicas, informações sobre as diversas estratégias reprodutivas adotadas pelos vegetais no passado.

Nos afloramentos do Permiano Inferior do Rio Grande do Sul são encontradas impressões de sementes das mais variadas formas e tamanhos. Autores como Cazzulo-Klepzig

& Guerra-Sommer (1984, 1985a,b) e Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (1981, 1993, 2000) registraram a presença dos gêneros *Cornucarpus*, *Cordaicarpus* (= *Platyocardia*) e *Samaropsis* no estado. No entanto, apesar da frequência com que as sementes ocorrem nos depósitos, análises taxonômicas são registradas apenas nos trabalhos de White (1908), Corrêa da Silva & Arrondo (1977), Cazzulo-Klepzig *et al.* (1980) e Oliveira & Yoshida (1982). Diante disto, o estudo taxonômico do presente material, de excelente estado de preservação, ampliará o conhecimento das sementes nas associações paleoflorísticas permianas do Sul da Bacia do Paraná. Tendo em vista a quantidade e diversidade do material analisado, o presente artigo refere-se apenas aos diferentes morfotipos de sementes que se vinculam exclusivamente ao gênero *Samaropsis* Goepfert, preservados na forma de impressões e provenientes do Afloramento Morro do Papaléo. O restante do material será apresentado em futuras publicações.

## ANEXO C- Carta de submissão

**REVISTA BRASILEIRA  
DE PALEONTOLOGIA**

Porto Alegre, 29 de outubro de 2008.

## CARTA DE SUBMISSÃO

Informamos que o manuscrito "THE GENUS *CORDAICARPUS* GEINITZ IN THE LOWER PERMIAN OF THE PARANÁ BASIN, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL" de autoria de Juliane Marques de Souza & Roberto Iannuzzi, encontra-se submetido junto à *Revista Brasileira de Paleontologia* (MS32/08).

Sinceramente,

Maria Claudia Malabarba  
Editor-Chefe /RBP

---

Dra. Maria Claudia Malabarba  
MCT-PUCRS, Av. Ipiranga, 6681  
90.619-900 Porto Alegre RS, Brasil  
mariaclm@pucrs.br

CORPO EDITORIAL - RBP  
Dr. João Carlos Coimbra  
IG/UFRGS Av. Bento Gonçalves,  
9500, Porto Alegre RS, Brasil  
joso.coimbra@ufrgs.br

Dra. Renata Guimarães Netto,  
UNISINOS, Av. Unisinos, 950,  
93022-000 São Leopoldo RS, Brasil  
nettorg@unisinos.br

Maria Claudia S L Malabarba para mim, juliane.marque.

mostrar detalhes 26/11/08

Responder |



**REVISTA BRASILEIRA  
DE PALEONTOLOGIA**

Porto Alegre, 26 de novembro de 2008.

Juliane Oliveira  
UFRGS, RS

Prezado autor:

Estamos encaminhando os pareceres e comentários referentes ao vosso manuscrito: "THE GENUS *CORDAICARPUS* GEINITZ IN THE LOWER PERMIAN OF THE PARANÁ BASIN, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL".

A publicação do manuscrito foi recomendada por ambos revisores, e o aceite do mesmo está na dependência da incorporação das alterações sugeridas pelos mesmos (vide arquivos em anexo). As sugestões de ambos revisores foram transcritas no arquivo texto na forma de "track changes" visando agilizar a edição e, conseqüentemente, a publicação do manuscrito. Como a quase totalidade das correções se referem a gramática, recomendamos fortemente a incorporação de todos os ajustes gramaticais solicitados no texto. A revisão do inglês, sugerida pelos revisores, será realizada na versão corrigida após o aceite final, utilizando-se serviço técnico especializado.

A versão corrigida deve vir em até 3 semanas na forma de arquivos eletrônicos do texto (word) e figuras (jpg ou tiff, com mínimo 300 dpi no tamanho final de publicação), enviados via e-mail ([maricm@puccrs.br](mailto:maricm@puccrs.br)). Se não houver alteração das figuras **não envie os arquivos de imagem novamente.**

Qualquer dúvida ou problema na abertura dos arquivos, queira entrar em contato.

Sinceramente,

Dra. Maria Claudia Malabarba  
Editora-chefe RBP

↓ Maria Claudia S L Malabarba

## ANEXO D- Carta de aceite

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)