**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**REAValiação DA FLORA CARBONÍFERA DA
FORMAÇÃO POTI, BACIA DO PARNAÍBA**

Roberto Iannuzzi

Orientador: Prof. Dr. Oscar Rösler

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. O. Rösler
Examinadores:	Dr ^a M.E.C.B. de Oliveira-Babinski
	Dr. J.A.J. Perinotto

**SÃO PAULO
1994**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005065

**REAValiação DA FLORA CARBONÍFERA DA
FORMAÇÃO POTI, BACIA DO PARNAÍBA**

Roberto Iannuzzi

Orientador: Prof. Dr. Oscar Rösler

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

**SÃO PAULO
1994**

RECONSTITUIÇÃO PALEOFITOGEOGRÁFICA
DA FORMAÇÃO POTI

Agradecimentos

Meus mais sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Oscar Rösler, pela oportunidade de realizar este trabalho, pelo estímulo, confiança e amizade.

A todos professores, alunos e funcionários do IG-USP, pelo apoio, atenção e amizade, e com especial apreço:

Aos Profs. Drs. Mary E. C. de Oliveira, Murilo R. de Lima e Thomas R. Farchild pelo incentivo, amizade e discussões técnicas;

Aos colegas pós-graduandos, Paulo A. de Souza, pelo auxílio na preparação das amostras palinológicas, Wilson Lanzarini e Célia R. G. Souza, pela revisão da parte geológica, apoio e amizade, Fresia S. Ricardi T. e Francisco P. Lima Filho, pela amizade e pelas frutíferas conversas;

As secretárias do DPE, Lúcia e Sônia, pelos serviços prestados, aos funcionários, Gildo e Karina, pela datilografia e montagem do texto original, às técnicas do DGG, Cleide e Sueli, pelo auxílio durante a preparação do material palinológico, ao fotógrafo, Jaime, pela elaboração das fotos dos espécimes depositados no IG-USP, ao Seu Dalton, da gráfica, por toda atenção dispensada, aos funcionários do setor de fotocópias, Soninha, Elias, Sônia e Valdir, entre outros, pela atenção fornecida ao longo dos anos;

A Maristela P. Severino, por todo incentivo, amizade e revisão das referências bibliográficas da dissertação.

A Seção de Paleontologia do DNPM pelo acesso à coleção de paleobotânica, com especial atenção:

As colegas Paleontólogas, Rita, Vera e Lúcia, pelo incentivo e atenção;

Ao Dr. Diógenes de Almeida Campos, chefe da Seção de Paleontologia, pelo apoio e confiança depositada quando da liberação das amostras, e à Paleontóloga Dea Regina B. Campos, responsável pela coleção paleontológica, pelo apoio e empenho

diante das inúmeras consultas a coleção; contribuições estas fundamentais para a realização do presente trabalho.

A CPRM, pelo apoio no trabalho de campo, e em especial:

Ao Presidente da CPRM, Dr. Carlos O. Berbet, e ao chefe da residência de Teresina, Dr. Gilberto P. da Silva, pela liberação do veículo, sem o qual não teria sido possível a realização do trabalho de campo;

Ao motorista "Zezé", pelo apoio e companheirismo durante as coletas de campo;

Aos Geólogos, Edilton J. dos Santos, Augusto J. Pedreira, Marise S. S. dos Santos e Maria Eugênia dos Santos, pelo incentivo, apoio e informações sem as quais não se teria obtido dados preliminares necessários a realização do trabalho de campo, à última ainda, pela confiança depositada e pelo desenho de reconstituição da flora.

Aos Profs. Dr. Ismar S. de Carvalho e Leonardo Borghi, do Depto. de Geociências da UFRJ, pelo incentivo e apoio logístico sem o qual não teria sido possível a realização da etapa de estudos no Rio de Janeiro.

A PETROBRAS/CENPES, pelo apoio laboratorial e técnico fornecido, e em especial:

Ao chefe do SEBIPE, Geólogo Vitor de Abreu, e demais Geólogos desse setor, André Picarelli, José Henrique G. de Mello e Luiz P. Quadros, pelo incentivo e auxílio fornecido durante a elaboração de parte das figuras, estampas e fotos da dissertação;

Aos fotógrafos, Ivanil, Agil e Ricardo, pela elaboração das fotos dos espécimes depositados no DNPM-Rio.

A PETROBRAS/NEXPAR, pela oportunidade de estágio e treinamento, e em especial:

Ao superintendente do NEXPAR, Geólogo Celso H. Raffaelli, e ao chefe de exploração, Edison J. Milani, pelo apoio concedido;

Ao Geólogo Roberto F. Daemon, pelo incentivo, amizade e orientação durante a análise dos resultados palinológicos.

A FAPESP, pelo auxílio financeiro concedido (Processo nº 91/5198-2) sem o qual não teriam sido possíveis as etapas do

trabalho de campo e de consulta às coleções de instituições argentinas; fundamentais para o presente estudo.

Ao Prof. Dr. Sergio Archangelsky, pela colaboração e apoio fornecidos durante a viagem à Argentina, sem os quais esta etapa não teria sido possível.

Ao Geólogo Rodi Medeiros, pelo estímulo, sugestões e revisão de parte dos dados geológicos.

A Márcia Alonso pela revisão de inglês do "abstract".

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho e que por ventura possam ter sido omitidos.

Dedico este trabalho

A todos amigos, à minha família e à Janine.

"Um trabalho realizado não é o resultado do esforço de um único autor ou pessoa, antes é o resultado de inúmeras pessoas e idéias do meio ao qual ele, o autor, encontra-se inserido. Sendo assim, é um pouco de cada uma dessas pessoas e de suas idéias organizadas ou sintetizadas, dentro de uma linha própria de pensamento, pelas mãos do autor"

íNDICE

	P.
1. - Introdução	07
2. - Objetivo	11
3. - Hipótese de Trabalho	12
4. - Material e Métodos	13
4.1. - Área de Investigação	13
4.2. - Material	13
4.3. - Métodos	21
4.4. - Descrição e localização dos afloramentos	22
4.4.1. - Localização geográfica e estratigráfica	22
4.4.2. - Descrição	24
5. - Geologia Geral da Bacia do Parnaíba	40
5.1. - Localização	40
5.2. - Contexto Tectono - Sedimentar	40
5.3. - Estratigrafia	41
5.3.1. - Coluna estratigráfica	41
5.3.2. - Litoestratigrafia	43
5.4. - Seqüências Depositionais	49
6. - História da Flora da Formação Poti	51
7. - Sistemática da Flora	55
7.1. - Dificuldades do Estudo	55
7.2. - <i>Diplothemema gothanica</i>	56
7.2.1. - Sinonímia, diagnoses e descrições	56
7.2.2. - Discussão e comparações	63
7.2.3. - Possíveis relações evolutivas no grupo das <i>Diplothemema</i> , <i>Mariopteris</i> e <i>Palmatopteris</i>	68
7.3. - <i>Adiantites</i> sp.	71
7.3.1. - Sinonímia, diagnoses e descrição	71
7.3.2. - Discussão e comparações	75
7.4. <i>Paulophyton sommeri</i>	80
7.4.1. - Sinonímia, diagnoses e descrição	80
7.4.2. - Discussão e comparações	82

7.5. - <i>Paulothyton</i> sp.1	100
7.5.1. - Descrição	100
7.5.2. - Discussão e comparações	101
7.6. - <i>Kegelidium lamegoi</i>	103
7.6.1. - Sinonímia, diagnoses e descrição	103
7.6.2. - Discussão e comparações	108
7.7. -? <i>Ursodendron brasiliensis</i>	117
7.7.1. - Sinonímia, diagnoses e descrição	117
7.7.2. - Discussão e comparações	124
7.8. - <i>Thiphyllopteris adiantoides</i>	129
7.8.1. - Sinonímia, diagnoses e descrição	129
7.8.2. - Discussão e comparações	133
7.9. - <i>Nothorhacopteris</i> sp.1	138
7.9.1. - Sinonímia e descrição	138
7.9.2. - Discussão e comparações	141
7.10. - <i>Nothorhacopteris</i> sp.2	144
7.10.1. - Descrição	144
7.10.2. - Discussão e comparações	145
7.11. - Cúpulas	147
7.11.1. - Descrição	147
7.11.2. - Discussão e comparações	150
7.12. - Outras Formas	154
8. - Resultados Palinológicos	155
8.1. - Amostra 6	155
8.2. - Amostra 7	156
8.3. - Contagem de Palinomorfos das Lâminas 6 e 7	158
9. - Discussão	161
9.1. - Possíveis Relações Filéticas de Alguns Elementos da Flora	161
9.1.1. - Relação de <i>Diplothmema</i> com outros vegetais	161
9.1.2. - Possíveis relações filéticas de <i>Paulophyton</i>	163
9.1.3. - Discussão biogeográfica e filética de ? <i>Ursodendron brasiliensis</i>	166
9.1.4. - Grau evolutivo, afinidades filéticas e idade das cúpulas	168

9.2. - Idade da Flora	171
9.3. - Paleofitogeografia	179
9.3.1. - Endemismo x cosmopolitismo	179
9.3.2. - Reino Paraca	182
9.4. - Evolução Paleoflorística	185
9.5. - Ambientes Depositionais	191
9.5.1. - Interpretação dos processos deposicionais	191
9.5.2. - Interpretação dos ambientes deposicionais	194
9.6. - Paleoecologia	201
10. - Conclusões	204
11. - Referências Bibliográficas	206

ÍNDICE DAS FIGURAS

	P.
FIG. 1. Mapa geológico simplificado da área estudada	14
FIG. 2. Mapa do roteiro de campo	15
FIG. 3. Mapa com a localização dos pontos fossilíferos e seus respectivos táxons	18
FIG. 4. Coluna padrão da Formação Poti (Sondagem 125)	23
FIG. 5. Perfil composto do afloramento 1	25
FIG. 6. Vista geral do afloramento 1	26
FIG. 7. Vista parcial do afloramento 1 (fácies 1 a 5)	26
FIG. 8. Níveis de paleossolos sobrepostos do afloramento 1	27
FIG. 9. Detalhe do nível de paleossolos	27
FIG. 10. Vista parcial do afloramento 1 (fácies 6)	29
FIG. 11. Vista parcial do afloramento 1 (fácies 7 a 9)	29
FIG. 12. Perfil composto do afloramento 2	31
FIG. 13. Vista total do afloramento 2	32
FIG. 14. Detalhe do afloramento 2 (fácies 2)	32
FIG. 15. Vista parcial de um afloramento próximo ao afloramento 2	34
FIG. 16. Vista geral do afloramento 3	34
FIG. 17. Fragmentos vegetais dos corpos de arenito do afloramento 3	35
FIG. 18. Vista total do afloramento 4	35
FIG. 19. Perfil composto do afloramento 4	36
FIG. 20. Vista parcial do afloramento 4 (fácies 1 e 2)	37
FIG. 21. Vista parcial do afloramento 4 (fácies 3 e 4)	37
FIG. 22. Vista parcial do afloramento 4 (fácies 4 e 5)	39
FIG. 23. Detalhe do afloramento 4 (fácies 4)	39
FIG. 24. Coluna litoestratigráfica da Bacia do Parnaíba	44
FIG. 25. Tabela contendo as diferentes combinações taxonômicas propostas para as formas da Formação Poti	54
FIG. 26. <i>Diplothemema gothanica</i> - caracteres morfológicos	59
FIG. 27. <i>Diplothemema gothanica</i> - comparação com outras formas do gênero <i>Diplothemema</i>	61
FIG. 28. Evolução pinular no grupo das <i>Diplothemema</i> - <i>Mariopteris</i> - <i>Palmatopteris</i>	70

FIG. 29. <i>Adiantites</i> sp. - caracteres morfológicos e comparação com <i>Eusphenopteris sanjuanina</i> e <i>A. antiquus</i>	73
FIG. 30. Esquema do desenvolvimento pinular em <i>Adiantites</i> sp.	76
FIG. 31. <i>Paulophyton sommeri</i> e <i>Paulophyton</i> sp.1 - caracteres morfológicos	83
FIG. 32. Tabela comparativa entre <i>Paulophyton sommeri</i> , <i>Paulophyton</i> sp.1 e algumas espécies de trimerophytina	88
FIG. 33. <i>Paulophyton sommeri</i> - comparação com algumas formas de <i>Psilophyton</i> e <i>Tristichia</i>	91
FIG. 34. Comparação entre todas as espécies do gênero <i>Paulophyton</i>	96
FIG. 35. Tabela comparativa entre as espécies de <i>Paulophyton</i>	99
FIG. 36. <i>Kegelidium lamegoi</i> - caracteres morfológicos	106
FIG. 37. <i>Kegelidium lamegoi</i> - comparação com formas devonianas e carboníferas similares	110
FIG. 38. <i>Ursodendron? brasiliensis</i> - caracteres morfológicos	119
FIG. 39. <i>Ursodendron? brasiliensis</i> - comparação com formas morfograficamente similares	121
FIG. 40. <i>Triphyllopteris adiantoides</i> - caracteres morfológicos e comparação com <i>Fedekurtzia argentina</i> e <i>Triphyllopteris gothani</i>	131
FIG. 41. <i>Nothorhacopteris</i> sp.1 e sp.2 - caracteres morfológicos e comparação com formas de <i>Nothorhacopteris</i> e <i>Anisopteris</i>	139
FIG. 42. <i>Stannostoma? sp.</i> - caracteres morfológicos e comparação com formas carboníferas similares	148
FIG. 43. Contagem dos palinomorfos das lâminas 6 e 7 do afloramento 4	159
FIG. 44. Biocrons sul-americanos dos principais gêneros das floras carboníferas da América do Sul	172
FIG. 45. Biocrons dos gêneros da flora da Formação Poti e de alguns outros gêneros próximos	173
FIG. 46. Correlação entre as floras sul-americanas do Eocarbonífero	174
FIG. 47. Distribuição mundial das floras no Eocarbonífero	180
FIG. 48. Gráfico de crescimento do endemismo entre as floras	

carboníferas da América do Sul	184
FIG. 49. Síntese do posicionamento das principais bacias cratônicas americanas ao longo do tempo geológico	186
FIG. 50. Comparação entre as Sequências sedimentares e o conteúdo megaflorístico das Bacias do Parnaíba e Altiplano Boliviano	189
FIG. 51. Ambientes deposicionais: possível integração dos subambientes encontrados nos afloramentos estudados	197
FIG. 52. Sobreposição de superfícies delimitadas por "ripple marks"	199
FIG. 53. Tempestito da base da Formação Poti	199
FIG. 54. Paleoecologia: possíveis relações entre os ambientes deposicionais e as respectivas assembléias fossilí - feras	203

ESTAMPAS (ANEXO)

- ESTAMP. 1. *Diplothemema gothanica*.
- ESTAMP. 2. *Diplothemema gothanica*, *D. bodenbenderi* e *Adiantites* sp.
- ESTAMP. 3. *Paulophyton sommeri*.
- ESTAMP. 4. *Paulophyton sommeri* e *Paulophyton* sp.1.
- ESTAMP. 5. *Kegelidium lamgoi* e ?*Ursodendron brasiliensis*.
- ESTAMP. 6. *Triphyllopteris adiantoides*, *Nothorhacopteris* sp.1,
Nothorhacopteris sp.2 e *Nothorhacopteris* sp.
- ESTAMP. 7. *Nothorhacopteris* sp.2 e ?*Stannostoma* sp.
- ESTAMP. 8. Principais palinomorfos das lâminas 6 e 7.

RESUMO

A flora da Formação Poti foi estudada preliminarmente por Oliveira (1934, 1935) na década de 30. A partir dos anos 50, Dolianiti (1954) descreveu e classificou a maior parte das formas até hoje conhecidas. Oliveira (1934, 1935) e Dolianiti (1954) ressaltaram a afinidade euro-americana desta flora. Em 1962 e 1980, Dolianiti descreve as últimas formas assinaladas para essa flora.

Rigby (1969) é o primeiro a sugerir recombinações taxonômicas de algumas das formas descritas por Dolianiti. Durante os anos 80, alguns outros pesquisadores (Rocha-Campos e Archangelsky, 1985; Césari, 1986 e 1987; Sessarego e Césari, 1989) colocam vários táxons desta flora em sinonímia com formas encontradas em estratos do Neocarbonífero da Argentina. Isto passou a sugerir uma maior afinidade da flora com as floras gondvânicas. No entanto, estas últimas sinonímias foram todas realizadas sem o exame dos espécimes.

Quanto à idade da flora da Formação Poti existe controvérsia: alguns pesquisadores indicaram uma idade eocarbonífera (Dolianiti, 1954; Rigby, 1969), outros uma idade neocarbonífera (Oliveira, 1934 e 1935; Archangelsky, 1984 e 1986; Sessarego e Césari, 1989). Rösler e Ciguel (1985) salientaram as afinidades devonianas de algumas das formas da flora, sugerindo assim uma idade um pouco mais antiga. Os estudos palinológicos (Daemon, 1974; Sundaram et al., 1981) têm sempre indicado uma idade eocarbonífera para os estratos da Formação Poti.

Tendo em mente o exposto, a presente dissertação objetivou o reestudo, em nível sistemático, de todo o material paleobotânico proveniente da Formação Poti e a determinação de sua provável idade. Para tanto, reanalisaram-se o material descrito por Dolianiti (1954, 1962 e 1980) e aquele coletado, e ainda inédito, de Rösler e Ciguel (1985). Analisou-se também novo material paleobotânico coletado durante trabalho de campo nos estados do Piauí e Maranhão. Ainda, coletaram-se e analisaram-se

palinologicamente os estratos contendo os fitofósseis, e descreveram-se os afloramentos visitados.

O reestudo conclui que a paleoflora da Formação Poti seria composta de pequenas esfenófitas (calamitáceas) e licófitas, pteridospermas do grupo Calamopityales e/ou Lyginopteridales e prováveis progymnospermas. Algumas novas combinações taxonômicas são também sugeridas e a composição taxonômica passa a ser a seguinte: *Diplothmema gothanica* (Dolianiti) n. comb., *Adiantites* sp., *Kegilidium lamegoi* Dolianiti (1954), *Paulophyton sommeri* Dolianiti (1954), *Paulophyton* sp.1 (n. esp.), *Nothorhacopteris* sp.1, *Nothorhacopteris* sp.2, *Triphyllopteris adiantoides* n. esp., *?Stannostoma* sp., e uma licófito morfograficamente similar às formas angáricas do gênero *Ursodendron* (*?U. brasiliensis* (Dolianiti) n. comb.

O reestudo taxonômico resultou: a) na redução do número de táxons e espécies previamente descritos; b) na autenticação de várias das diagnoses, revelando a existência de um endemismo ao nível específico; c) na constatação de uma mistura de gêneros gondvânicos com outros cosmopolitas e de uma tendência a endemismo em nível genérico; d) no estabelecimento de afinidades morfológicas com formas do Neocarbonífero da Argentina e, principalmente, com aquelas do eocarbonífero do Peru e Bolívia.

Os estudos paleobotânicos e palinológicos revelaram-se mais compatíveis com uma idade eocarbonífera (Viseano?).

O sistema deposicional, inferido a partir do estudo das fácies observadas nos afloramentos donde provieram o novo material paleobotânico, é transicional do tipo planície deltaica.

A composição tafoflorística, o porte dos vegetais e as características morfológicas das formas sugerem que a flora teria vivido sob condições de um clima temperado.

As afinidades florísticas com a Flora Paracas, no Peru, e os dados paleoclimáticos, além do posicionamento paleogeográfico, sugerem que a flora da Formação Poti representaria uma extensão a leste do Reino Paraca.

A integração dos dados paleobotânicos, palinológicos, paleomagnéticos, paleogeográficos e paleoclimáticos indica uma

possível migração florística intra-gondvânica durante o Carbonífero. Dentro deste contexto, floras do Neocarbonífero da Argentina e Brasil meridional representariam o registro sulino de floras adaptadas a um clima temperado frio, que já existiam, no final do Eocarbonífero, ao norte do continente, como a da Formação Poti. Estas floras teriam migrado em direção ao sul, em resposta a um controle climático, resultando em considerável diacronismo entre os seus registros.

ABSTRACT

The Poti Formation Flora was studied preliminary by Oliveira (1934, 1935) at the thirties. At the fifties, Dolianiti (1954) described and classified most of forms known up to now. Oliveira (1934, 1935) and Dolianiti emphasized the euro-american affinity of this flora. In 1980 Dolianiti described its last two forms.

Rigby (1969) is the first author to suggest taxonomic recombinations to some forms described by Dolianiti. During the eighties, some authors (Rocha-Campos and Archangelsky, 1985; Césari, 1986 and 1987; Sessarego and Césari, 1989) synonymized several taxa of this flora in synonymity with forms found out on the Late Carboniferous from Argentina. This fact suggests then a bigger affinity of the Poti Formation Flora with the gondwanic flora. But these synonymies were made without the examination of the specimens.

The age of this flora is uncertain: some authors suggest an Early Carboniferous age (Dolianiti, 1954; Rigby, 1969), others a Late Carboniferous age (Oliveira, 1934 and 1935; Archangelsky, 1984 and 1986; Sessarego and Césari, 1989). Rösler and Ciguel (1985) emphasized the devonian affinity of some forms of this flora, suggesting thus a little more ancient age. The palinological studies (Daemon, 1974; Sundaran, 1981) have always indicated an Early Carboniferous age for the Poti Formation deposits.

Considering what is exposed above, this dissertation objectified: a) the re-study, in systematic level, of all the paleobotanical material related to the Poti Formation Flora, and b) the determination of the probable age of fossil plants. To make it possible, I reanalyzed all the published (Dolianiti, 1954, 1962 and 1980) and unpublished (Rösler and Ciguel, 1985) paleobotanical material collected up to date; collected some new material in the states of Piauí and Maranhão during the field work; collected samples to palinological study from strata containing fossil plants; and described the studied out-crops.

The re-study indicated that this flora was composed of little sphenophytas (calamitaceas) and licophytas, pteridospermas belonging to the Calamopityales and/or Lyginopteridales group, and possible progymnosperms. Some new taxonomic combinations are also suggest and the taxonomic composition from now on is: *Diplotmema gothanica* (Dolianiti) n. comb.; *Adiantites* sp.; *Kegelidium lanegoi Dolianiti* (1954); *Paulophyton sommeri Dolianiti* (1954); *Paulophyton* sp.1 (n. sp.); *Nothorhacopteris* sp.1; *Nothorhacopteris* sp.2 (n. form), *Triphylopteris adiantoides* n.sp., and a licophyta morphographycally similar to the angara forms that belong to the *Ursodendron* genera (? *U. brasiliensis* (Dolianiti) n. comb.).

The taxonomic studies of this flora resulted in: a) the reduction in the number of the taxa and species previously discribed; b) the autenticity of several original diagnoses, what confirms the existence of endemic species; c) the mixing of the gondwana and the cosmopolitan genera and a trend to endemism in a generic level; d) the establishment of a morfological affinity with forms of the Late Carboniferous from Argentina and, mainly, with those of the Early Carboniferous from Peru and Bolivia.

The Results of paleobotanical and palinological studies were most compatible with an Early Carboniferous age (Visean?).

The depositional system was established through facies study of out-crops form which the new paleobotanical material was collected. It is a deltaic plain environment.

The floristic composition, the size of fossil plants and the morphological characters of the forms indicated that this flora could have lived in temperate climatic conditions.

The floristic affinity with Paracas Flora, in Peru, and the paleoclimatic data, besides the paleogeographical position, suggest that the flora could represent an extension eastwards the Paraca Realm record.

The integration of the paleobotanical, palinological, paleomagnetic, paleogeographical and paleoclimatic data indicate a possible intra-gondwanic floristic migration during the Carboniferous. In this context, the Late Carboniferous floras from Argentina and Brazil would represent the south record of floras

adapted to temperate or cold climatic conditions, as the Poti Formation Flora, that existed before in the north area of the south-american continent during the end of the Early Carboniferous. These floras would have migrated southwards as an answer to the climatic control, resulting in a considerable diacronism in their records.

1 - Introdução

Nos últimos anos, vem crescendo o interesse sobre o Neopaleozóico da América do Sul, devido à ocorrência de um extenso registro sedimentar desse tempo em diversas bacias, bem como a existência de problemas pendentes de ordem tectônica, paleobiogeográfica e bioestratigráfica.

Quanto ao conhecimento das paleofloras neopaleozóicas sul-americanas e de sua evolução, há uma série de lacunas. Por isto, a produção de trabalhos nesta área tem aumentado rapidamente. No entanto, grande parte dos trabalhos existentes refere-se ao Permiano. O Carbonífero, principalmente em sua porção inferior, mostra-se como um sistema pouco pesquisado, com escassos registros fossilíferos continentais sobre a placa sul-americana e, assim, de evolução florística ainda pouco conhecida.

Dentre os registros eocarboníferos sul-americanos distinguem-se os seguintes: Flora de Paracas (Formação Ambó - localidades da região central e costa sul do Peru, incluindo a Península de Paracas); Flora de Belém e outras (Formações Kasa e Retama - localidades do Altiplano Boliviano, e da Encanada de Beu, Rio Alto Beni, Bacia Tarija-Titicaca, Bolívia); e floras argentinas relativas à Zona de *Archaeosigillaria-Frenguella* (Formações Malimán e Jagüe - Província de San Juan, Bacia Rio Branco; Formação Del Raton - Província de San Juan, Bacia Calingasta-Uspallata; e Formação Jamarillo - Província de Chubut, Bacia Tepuel-Genoa). Entre estas inclui-se ainda a Flora da Formação Poti, encontrada principalmente em localidades relativamente próximas a Teresina no Piauí, Bacia do Parnaíba. Trata-se de poucas floras, que apesar de se encontrarem geograficamente distantes entre si, são pontos de referência obrigatórios para quaisquer trabalhos que versem sobre aspectos paleobotânicos ou paleofitogeográficos do Eocarbonífero, não só da América do Sul como do mundo.

As localidades e floras situadas na porção mais ao sul do continente (Bacia do Paraná e bacias argentinas), vêm sendo estudadas mais continuamente há algum tempo. As localidades e

floras carboníferas mais ao norte só recentemente voltaram a ser alvo de estudos: Doubinger e Alvarez-Ramis (1980), Azcuy e Lafitte (1980 e 1981), Azcuy e Suarez-Soruco (1984), Rocha-Campos e Archangelsky (1985), Suarez-Soruco (1986), Azcuy e Ottone (1987), Alleman e Pfefferkorn (1988), Pfefferkorn e Alleman (1989), Sessarego e Cesari (1989), Rösler, Iannuzzi e Suarez-Soruco (1989). Novas coletas foram e estão sendo implementadas nestas localidades por diferentes equipes de trabalho de diversas instituições e órgãos (Serviço Geológico da Bolívia, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, University of Idaho, University of Pennsylvania, Universidad Ricardo Palma, etc) e com isto, novos dados e idéias estão sendo produzidos. Estas equipes têm procurado, atualmente, realizar o reestudo das formas encontradas nestas localidades ao Norte da América do Sul, por serem estas as que mais carecem de novas análises e coletas.

A Flora da Formação Poti, após seu primeiro e mais abrangente estudo por E. Dolianiti, publicado em 1954, foi submetida, a poucos estudos. Devido a isto, os elementos da Flora da Formação Poti têm sofrido nos últimos anos recombinações taxonômicas, propostas por pesquisadores que estudam floras similares nem sempre satisfatórias. Várias recombinações de um mesmo elemento têm ocorrido uma vez que as sinonímias têm sido estabelecidas ou de forma inadequada (Rigby, 1969), ou sem qualquer análise prévia do material (Rocha-Campos e Archangelsky, 1985; Césari, 1986 e 1987; e Sessarego e Césari, 1989). A partir de recombinações taxonômicas como estas, novas idéias sobre a evolução paleoflorística da América do Sul e do Gondwana foram propostas (Rigby, 1969; Archangelsky, 1984 e 1986). Constatando a ausência de estudos mais recentes da taoflora Poti e a impropriedade de diversas sinonímias, uma revisão do material estudado por Dolianiti tornou-se, evidentemente, necessária. Além disso, as diagnoses originais estabelecidas por Dolianiti mostram-se inadequadas diante dos novos conhecimentos acumulados sobre a taxonomia de formas próximas (VER ITEM 7). Estes pontos básicos estimularam a realização do presente trabalho, justificando a princípio a escolha do tema.

Os principais problemas no estudo dessas taofloras carboníferas são: a) a má preservação dos megafósseis vegetais que ocorrem nestas localidades (por vezes, muito fragmentados e incompletos); b) o tipo de preservação, apenas por compressão/impressão (sem a presença de estruturas anatômicas ou cutículas), c) a falta do registro de frutificações e o grau evolutivo incipiente das formas implicando poucos caracteres morfológicos distintivos, o que dificulta a determinação taxonômica e o estabelecimento de quaisquer relações de filogenia entre os megafósseis vegetais de diferentes áreas; d) a confusão na determinação e diferenciação de gêneros e espécies que encontramos na literatura, além da existência de várias interpretações taxonômicas duvidosas ocorridas, em parte, devido à manutenção de esquemas rígidos e ultrapassados da distribuição paleofitogeográfica das formas carboníferas; e) a pobreza, em termos de diversidade, das taofloras, que aliada à grande distância geográfica existente entre elas, restringe e dificulta muito as comparações e correlações. Em grande parte, estas dificuldades são devidas à escassez de estudo e de coleta de novos materiais. Em grande parte, estas dificuldades são resultantes da escassez de estudo e de novas coletas de material, além da inacessibilidade a certas publicações antigas portadoras de diagnoses genéricas e específicas originais. Todas as dificuldades citadas acima representam limitações ao estudo aqui proposto. Entretanto, mesmo diante destas, a reavaliação da Flora da Formação Poti justifica-se por ser esta a única taoflora do Brasil a conter, até agora, megafósseis vegetais de um provável Eocarbonífero; pela evolução do conhecimento ocorrida nos últimos anos, e pela crescente necessidade de se obter uma correlação entre os diversos estratos e floras carboníferas.

Por fim, deve-se dizer que foi encaminhado um pedido de auxílio à pesquisa à FAPESP (Processo 91/5198-2), que possibilitou ao Autor uma viagem aos Estados do Piauí e Maranhão para a realização de um trabalho de campo, e outra, à Argentina, para consultar coleções paleobotânicas do Neopaleozóico depositadas em instituições de Buenos Aires (Universidad de Buenos Aires, Museo

Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia, e Centro de Investigaciones en Recursos Geológicos - CIRGEO) e de La Plata (Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata). Um estágio de trinta dias realizado na NEXPAR/PETROBRAS em Curitiba, possibilitou a análise do material palinológico coletado durante o trabalho de campo.

2 - Objetivo

O objetivo da presente dissertação é rever várias ocorrências de plantas carboníferas dos estados do Piauí e Maranhão, até hoje carentes de estudos detalhados, mercê de sua importância para o entendimento de uma fase importante da evolução da paleoflora brasileira, sem registro em outras regiões do país. Assim, efetuaram-se: a) o reestudo em nível sistemático do material tipo já descrito por Dolianiti (1954, 1962 e 1980), que se encontra depositado no setor de Paleontologia do DNPM - Rio; b) o estudo sistemático detalhado do material coletado por Rösler (Rösler e Ciguel, 1978) e pelo Autor durante o recente trabalho de campo (agosto/92); c) a análise comparativa dos espécimes provenientes da Formação Poti com aqueles de coleções carboníferas da Argentina; d) a análise dos paleoambientes deposicionais, com base na descrição dos afloramentos; e) a determinação da idade da tafoflora a partir dos estudos sistemáticos e palinológicos.

Também se propõe o entendimento preliminar desta(s) flora(s) no contexto paleofitogeográfico global durante o Carbonífero, assim como o papel de seus elementos na evolução da biota sul-americana.

O reexame das formas já conhecidas desta formação, as novas coletas e um acompanhamento palinológico simultâneo garantiram as bases necessárias para o desenvolvimento dos estudos anteriormente citados e a resolução de problemas de ordem cronológica e bioestratigráfica.

3 - Hipótese de trabalho

Supõe-se que formas primitivas com afinidades devonianas e com certo grau de desenvolvimento afiguram-se como possíveis precursores de alguns dos elementos de floras mais recentes ("Flora Glossopteris", por exemplo).

É provável também, que tais formas sejam semelhantes a elementos de floras nórdicas e que se introduziram no sul do Gondwana através de movimentos migratórios.

Em termos bioestratigráficos, supõe-se que possam ser constatadas taofloras de diferentes idades em diferentes níveis de estratos da Formação Poti.

4 - Material e Métodos

4.1. Área de investigação

A área de investigação estava originalmente restrita aos afloramentos dos quais provinham os espécimes estudados por Dolianiti (1954, 1962, e 1980) e os coletados pelo Dr. O. Rösler em 1978 (Rösler e Ciguel, 1985). Através do projeto de auxílio à pesquisa aprovado pela FAPESP (Processo 91/5198-2) pode-se visitar áreas aflorantes da Formação Poti na Borda Leste da Bacia do Parnaíba. Percorreram-se no total da viagem (entre ida e volta) quase três mil quilômetros de estradas através de uma área limitada a Leste pelo Município de Alto Longá (PI), a Oeste pelo de São João dos Patos (MA), a Norte pelo de Campo Maior (PI), e a Sul pelo de Manuel Emídio (PI). O roteiro seguido pode ser acompanhado com mais detalhe na FIGS. 1 e 2.

4.2. Material

Todo material analisado consistiu-se de fragmentos de frondes, caules e frutificações preservados por compressão e/ou impressão, contendo normalmente restos de películas carbonosas, sem cutículas ou estruturas anatômicas. Em todos os casos há evidências de transporte refletidas, em grande parte, pelo estado bastante fragmentário dos espécimes. O estado de conservação dos mesmos varia de razoável a bom.

O material estudado por Dolianiti (1954, 1962 e 1980) está depositado na coleção do Setor de Paleontologia do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), Rio de Janeiro, sob a seguinte sigla e números: DGM-Pb 1002 - 1004 - 1006 a 1010 - 1012 a 1023 - 1028 - 1030 - 1045 (Dolianiti, 1954); 1178 a 1187 (Dolianiti, 1962); e 1442 a 1444 (Dolianiti, 1980). A numeração dos três últimos espécimes citados está trocada na publicação original, sendo que os verdadeiros números, fornecidos pelo responsável pela coleção, são 1680, 1681 e 1682.

O material coletado pelo Dr. O. Rösler em 1978, encontra-se disponível na coleção do IG-USP sob a respectiva sigla e números: GPE/3E 185 a 187 - 4430 a 4474 - e 4483 a 4500.

FIG. 1 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA ÁREA ESTUDADA

LEGENDA

Pe - EMBASAMENTO PRÉ-CAMBRIANO
D - SEDIMENTOS DEVONIANOS
Cpo - SEDIMENTOS DE FORMAÇÃO POTI
PC - SEDIMENTOS PERMO-NEOCARBONÍFEROS
M - SEDIMENTOS MESOZÓICOS
T - SEDIMENTOS TERCIÁRIOS
Q - SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

— CONTATO DEFINIDO
- - - CONTATO APROXIMADO
● FALHA DEFINIDA
▨ CIDADE PRINCIPAL
○ OUTROS MUNICÍPIOS E POVOADOS
— ESTRADA PRINCIPAL ASFALTADA
- - - ESTRADA DE TERRA
~ RIOS E RIACHOS PERENES
- - - LIMITE INTERESTADUAL
⊕ AFLORAMENTO DESCRITO
1, 2, ... NÚMERO DO AFLORAMENTO DESCRITO
MA ESTADO DO MARANHÃO
PI ESTADO DO PIAUÍ

20km 0 10 20 30 40 50km
ESCALA: 1: 1.000.000

FIG. 2 - MAPA DO ROTEIRO DE VIAGEM AO PIAUÍ - Note a área aflorante da Formação Poti (modificado de Cunha, 1986).

- ROTEIRO DE VIAGEM:

- Teresina - Campo Maior - Teresina (passando pelos afloramentos de Campo Maior);
- Teresina - Floriano (passando pelos afloramentos de Monsenhor Gil e Regeneração - ponto 1*);
- Floriano - São João dos Patos - Floriano (passando pelos afloramentos de Barão do Grajaú - ponto 2*);
- Floriano - Jerumenha - Floriano (passando pelos afloramentos de Floriano, Jerumenha e Barra do Lança - pontos 3 e 4*);
- Floriano - Manuel Emídio - Floriano (passando pelos afloramentos de Floriano, Itaueiras e Eliseu Martins)

* VER FIG. 1

O novo material, coletado pelo Autor e pelo Dr. O. Rösler em recente trabalho de campo (Agosto/92), encontra-se depositado na coleção do IG-USP, sob a respectiva sigla e números: GPE/3E 5676 a 5754.

O material argentino utilizado para comparação e mencionado ao longo do trabalho encontra-se depositado na Universidade de Buenos Aires na Universidad Nacional de La Plata (Facultad de Ciencias Naturales e Museo de La Plata), respectivamente, sob as siglas BAFC e LLPB.

O material obtido por nós ao longo do trabalho de campo, e utilizado para análise megaflorística e palinológica, é proveniente de afloramentos da Formação Poti e de um testemunho de sondagem (VER PONTOS NA FIG. 3), a saber:

Ponto 0:

Sondagem nº 125 - Teresina, PI

- amostra palinológica: 8
- Microfitofósseis: DGM - 669 - 670 - 672 - 673 - 677 - 682 - 1002 - 1006 a 1009 (coletados por Paiva e Miranda, 1937)
- descritos por Dolianiti (1954)

Ponto 1:

Afloramento 1 - rodovia Teresina-Picos (BR 316), Km 63, prox. Fazenda Curral de Pedra, PI.

- amostras palinológicas: 1, 2 e 3
- macrofitofósseis: GP/3E - 185 a 187 - 4430 a 4474 - 4483 a 4500 (coletados por O. Rösler (1978, apud Ciguel e Rösler, 1985); GP/3E - 5698 - 5709 - 5719 a 5744 - 5752 a 5754 (coletados no trabalho de campo)
- material inédito

Fazenda Curral de Pedra - corresponde a mesma localidade do afloramento 1 mas não a mesma exposição.

- macrofitofósseis: DGM - 1010 - 1012 a 1016 - 1018 a 1023 - 1028 - 1045 - 1910 1911 - 1913 - 1914 - 1918 - 1921 - Pb

FIG. 3. Representa um mapa geral onde pode-se observar a localização dos afloramentos fossilíferos encontrados durante o trabalho. A distribuição dos táxons ao longo dos afloramentos obedece aos resultados do trabalho de campo e da literatura existente.

TAXONS	AFLORAMENTOS OU PONTOS DE COLETA
a - <i>Paulophyton somneri</i>	0 - Sondagem 125 - Teresina
b - <i>Kegelidium lamgoi</i>	1 - Fazenda Curral de Pedra (BR - 316, Km 63)
c - <i>Adiantites</i> sp.	2 - Estrada Barão do Grajáú São João dos Patos (BR- 230, aprox. Km 23)
d - <i>Stannostoma?</i> sp	3 - Localidade de Salto de Pedra (Barra do Lança)
e - <i>Diplothema gothanica</i>	4 - Riacho do Roncador (Barra do Lança)
f - <i>Paulophyton</i> sp.1	5 - Rio Manuel Alves Grande (prox. a barra do Rio Serenó).
g - <i>Nothorhacopteris</i> sp.2	6 - Cinzeiro (Rio Araguaia)
h - <i>Nothorhacopteris</i> sp.1	
i - <i>Triphyllopteris adiantoides</i>	
j - <i>Ursodendron?</i> <i>brasiliensis</i>

(coletados por vários pesquisadores)
- descritos por Dolianiti (1954)

Ponto 2:

- Afloramento 2 - rodovia Barão do Grajaí - São João dos Patos (BR 230), aproximadamente Km 23, MA.
- amostra palinológica: 4
 - macrofitofósseis: GP/3E - 5689 a 5697 - 5706 a 5708 - 5710 a 5718 (coletados no trabalho de campo)
 - material inédito

Ponto 3:

- Afloramento 3 - localidade de Salto de Pedra, próximo a Barra do Lança, PI.
- amostra palinológica: 5
 - macrofitofósseis: GP/3E - 5676 a 5688 - 5699 a 5702 - 5745 a 5751 (coletados no trabalho de campo)
 - material inédito

Ponto 4:

- Afloramento 4 - às margens do Riacho do Roncador, Barra do Lança, PI.
- amostras palinológicas: 6 e 7
 - macrofitofósseis: GP/3E - 5703 a 5705 (coletado no trabalho de campo); DGM - 1680 a 1682 - Pb (coletados pelas equipes de campo da CPRM)
 - material da CPRM descrito por Dolianiti (1980), material IG-USP inédito

Ponto 5:

- Afloramentos - margem esquerda do Rio Manuel Alves Grande; próximo a barra do Rio Sereno, MA.
- Macrofitofósseis: DGM - 1185 a 1186-Pb (coletados por Dolianiti em 1958)
 - descritos por Dolianiti (1962)

Ponto 6:

- Afloramentos - Cinzeiro, margem esquerda do Rio Araguaí, TO.
- macrofitofósseis: DGM - 1179 a 1184-Pb

(coletados por Barbosa e Gomes em 1957, apud Dolianiti, 1962)

- descritos por Dolianiti (1962)

4.3. Métodos

1) Para os estudos paleobotânicos: os fitofósseis foram preparados pelos métodos convencionais, estudados (tanto os do DNPM-Rio como os do IG-USP) sob lupa binocular do tipo Wild; seus desenhos foram realizados com auxílio de câmara clara ou a partir das fotos. Os espécimes do IG-USP foram fotografados com uma câmera Asahi Pentax (objetiva normal com close-up), usando-se filmes Panatomic-X-32 ASA e Tmax-100 ASA. Os espécimes do DNPM-Rio foram fotografados com câmera Asahi Pentax-1000 (objetiva normal com close-up), usando-se um filme Tmax-100 ASA. Os espécimes das coleções argentinas foram fotografados com uma câmera Minolta X-700 (objetiva normal com anéis de aproximação), usando-se um filme Tmax-100 ASA.

2) Para os estudos palinológicos: as oito amostras analisadas foram previamente submetidas a um tratamento palinológico padrão: desagregação inicial; peneiramento com a finalidade de reter todos os fragmentos menores que 1 mm; adição de ácido fluorídrico 48% para eliminação dos silicatos, sendo que os fluorsilicatos formados foram removidos com ácido clorídrico à quente; adição de ácido nítrico 65% para remoção dos componentes orgânicos e posterior alcalinização do resíduo a fim de solubilizarem-se os ácidos húmicos; novo peneiramento para reter apenas a fração maior que 10 μ m e menor que 149 μ m; separação dos palinomorfos por decantação. Todas as etapas foram intercaladas por lavagens feitas através de centrifugação. Deve-se ressaltar que nenhuma amostra mostrou-se carbonática.

Nove lâminas foram preparadas pingando-se na laminula uma gota do resíduo e outra de cellosize (cola dispersante). Depois de secas, as laminulas foram colocadas sobre lâminas contendo Entellan (bálsamo sintético).

A análise do material foi efetuada em fotomicroscópio ZEISS da NEXPAR/PETROBRAS, Curitiba. As fotos foram feitas neste

mesmo microscópio sob a orientação do geólogo R. F. Daemon, usando-se um filme Kodak- color-100 ASA. Para o estudo quantitativo foram contados 100 grãos de cada lâmina a partir dos quais obtiveram-se resultados satisfatórios.

4.4. Descrição e localização dos afloramentos

4.4.1. Localização geográfica e estratigráfica

A localização geográfica dos afloramentos pode ser verificada na figura 1 que mostra a geologia da área. Na figura 3, pode-se observar a relação entre os afloramentos e os táxons encontrados. Deve-se salientar que os afloramentos dos pontos 5 e 6 (respectivamente, Rio Manuel Alves Grande e Cinzeiro) não foram visitados. Seus dados foram extraídos da literatura (Kegel, 1952 e Dolianiti, 1962).

O posicionamento estratigráfico dos afloramentos visitados pode ser inferido por diferentes meios. Para Della Favera (1990) localidades muito próximas aos afloramentos 1 e 2 (respectivamente pontos 01 - Km 57 da BR 316 - e 02 - Km 23 da BR 320 - de Della Favera, op.cit. pág. 149) correspondem litoestratigraficamente ao topo da Formação Poti. Por aproximação, pode-se aceitar este mesmo posicionamento para os afloramentos 1 e 2. O afloramento 4 foi posicionado, a partir do seu conteúdo palinológico, na biozona XII de Daemon (1974) (VER ITEM 8). Esta biozona corresponde litoestratigraficamente ao topo da Formação Poti (conforme Daemon, 1974, e Loboziak et al., 1992). O afloramento 3 pela sua proximidade geográfica e estratigráfica ao afloramento 4 (corresponde praticamente ao mesmo nível estratigráfico) pode ser também posicionado no topo da Formação Poti. Os resultados obtidos ou inferidos são corroborados pelo posicionamento dos restos vegetais na coluna-tipo estabelecida por Paiva e Miranda (1936) para Formação Poti. Nesta os restos vegetais são encontrados apenas no topo da formação (VER FIG. 4).

FIG 4. Coluna padrão onde foram originalmente definidos os limites da Formação Poti por Paiva e Miranda (1936). Notar o posicionamento dos restos vegetais no topo da formação (reproduzido de Paiva e Miranda, 1936).

4.4.2. Descrição

Este item limita-se a descrever os afloramentos fossilíferos visitados, uma vez que esta mesma área está sendo alvo de pesquisas geológicas (estratigráficas e sedimentológicas) realizadas ao nível de um projeto de doutorado sob orientação do Prof.Dr. Armando Marcio Coimbra, cuja orientada é a Profa. Ana Maria Góes. Tal projeto intitula-se "Estudo Paleoambiental da Formação Poti" e pretende, dentre outras coisas, a descrição e análise sedimentológica dos afloramentos e a realização de perfis estratigráficos das áreas aflorantes por nós visitadas. Futuramente, os resultados paleobotânicos aqui encontrados serão devidamente integrados aos obtidos nas pesquisas de Góes e Coimbra.

Os afloramentos serão descritos a seguir através de fácies que procurarão caracterizar estratos gerados sob as mesmas condições ambientais. Tais pacotes de rocha assim delimitados representam, portanto, pequenos ciclos deposicionais.

Afloramento 1 - (Rodovia Teresina-Picos - BR 316, km 63) (FIGS. 5 - 11)

FACIES 1 - Arenito creme, de textura fina, formando pacotes tabulares centimétricos que apresentam no seu interior uma laminação plano-paralela incipiente. A partir do terço médio ocorrem restos de raízes que formam Sequências de paleossolos sobrepostos. (FIGS. 7 e 8). Cada nível de paleossolo varia de 15 a 30 cm em espessura (FIG. 9). Espessura total: 1,5 m.

FACIES 2 - Siltito argiloso, cinza-amarelado, contendo microfragmentos de matéria orgânica e exibindo laminações onduladas. O pacote é siltico-arenoso na base, passando a argiloso no topo. O contato inferior é brusco na forma de superfície ondulada. Espessura total: 0,35 m (FIG. 7).

FACIES 3 - Arenito siltico, cinza-esbranquiçado, apresentando estrutura maciça e restos de raízes semelhantes aos encontrados na fácies 1. Este pacote representa um único nível de paleossolo. O contato inferior é brusco e irregular. Espessura total: 0,15 m (FIG. 7).

FIG. 5. Perfil composto do afloramento 1.

FIG. 6. Vista geral do afloramento 1, na rodovia Teresina-Picos, BR 316, Km 63, PI.

FIG. 7. Porção inferior do afloramento 1. Notar a presença das fácies 1 a 5.

FIG. 8. Vista parcial da fácies 1 do afloramento 1. Notar a sequência de paleossolos sobrepostos.

FIG. 9. Detalhe de um único nível de paleossolo do afloramento 1.

FACIES 4 - Arenito amarelo-alaranjado, de textura fina a média, formado por laminações alternadas de areia fina a muito fina, separadas por superfícies onduladas que são bioturbadas por pequenas pistas de invertebrados e contém fragmentos vegetais (*Paulophyton* sp.) (FIG. 5). Estas laminações apresentam internamente raras estruturas do tipo "climbing ripple". O contato inferior é brusco formando uma superfície suavemente ondulada. Espessura total: 1 m (FIG. 7).

FACIES 5 - Arenito creme, de textura muito fina e que apresenta uma laminação plano-paralela incipiente. O pacote apresenta-se moderadamente bioturbado por tubos verticais de invertebrados (*Arenicola* sp.) que ocorrem dispersos no sedimento. Restos vegetais identificáveis (*Paulophyton* sp. 1), dispostos horizontalmente, são encontrados em diferentes níveis dentro do pacote. O contato inferior é brusco na forma de uma superfície ondulada. Espessura total: 0,25 m (FIG. 7).

FACIES 6 - Arenito creme a cinza-amarelado, de textura fina e estrutura maciça na base, gradando a arenitos muito finos com marcas onduladas, e destes para siltitos argilosos, cinza azulado, com estruturas do tipo "linsen" e wavy" para o topo. Em sua porção final, o pacote tende a tornar-se argiloso. O contato inferior é incipiente. Espessura total: 1,5 m (FIG. 10).

FACIES 7 - Arenito laranja-avermelhado, de textura fina, compacto, de laminação paralela e intercalado com níveis centimétricos de siltitos cinzentos que tendem a argilosos para o topo. No topo, o pacote grada a um siltito cinza-avermelhado que apresenta, internamente, raras estruturas do tipo "linsen" e torna-se argiloso no contato com o arenito superior. Contato inferior é brusco e irregular. Espessura total: 1,6 m (FIG. 11).

FACIES 8 - Arenito laranja-avermelhado, formado de pequenas camadas sobrepostas apresentando laminações onduladas, e que passa de textura muito fina a fina para o topo. O contato inferior é brusco, formando uma superfície com pequenas ondulações. Espessura total: 0,25 m (FIG. 11).

FACIES 9 - Siltito vinho, maciço, contendo uns poucos nódulos de argila no seu interior. Este pacote pode ser

FIG. 10. Vista da porção média do afloramento 1. Notar a presença da fácies 6.

FIG. 11. Vista da porção superior do afloramento 1. Notar a presença das fácies 7 a 9.

fossilífero (VER OBSERVAÇÕES ABAIXO). Contato inferior é abrupto na forma de uma superfície com pequenas ondulações. O pacote encontra-se erodido no topo. Espessura total: cerca de 1 m (FIG. 11).

OBSERVAÇÕES: a) Na exposição do outro lado da estrada (BR316), podemos verificar uma superfície, que corresponde a um nível levemente inferior à seção descrita, contendo restos fragmentados e mal preservados de *Diplothemna*, possivelmente *D. gothanica*. Neste nível foram coletados, segundo Dr. O. Rösler, os espécimes já depositados na coleção do IG-USP; b) A cerca de 200 m abaixo da base da seção descrita localiza-se um pequeno riacho onde se podem verificar arenitos creme amarelados, de textura fina, formando camadas tabulares que apresentam desde laminações onduladas e estruturas do tipo "climbing ripple", até estratificações cruzadas de pequeno porte. Foram encontrados aí alguns restos vegetais não identificáveis. Correspondem a níveis de maior energia, que antecederam a deposição da seção descrita acima; c) Em sedimentos idênticos aos encontrados na fácies 9, ocorrem praticamente todos os restos de *Adiantites* sp. coletados e depositados na coleção do DNPM-Rio (VER ITEM 7.3.). Tais sedimentos provêm da mesma localidade - Fazenda do Curral da Pedra - (embora não necessariamente do mesmo afloramento), o que evidencia que, localmente, sedimentos da fácies 9 podem corresponder ao nível de ocorrência de *Adiantites* sp.

Afloramento 2 (Rodovia Barão do Grajaú-São João dos Patos - BR 230, km 23) (FIGS. 12 - 15)

FACIES 1 - Arenito amarelo-esverdeado, de textura fina, maciço, intercalado por finas camadas de siltitos argilosos esverdeados, que contém abundantes restos de vegetais bastante fragmentados, não identificáveis. Espessura total: 1,5 m.

FACIES 2 - Arenito amarelo-esverdeado a creme, de textura muito fina que grada repetidas vezes ao longo do pacote a siltitos argilosos cinza azulados e apresenta, internamente, grande frequência de estruturas do tipo "linsen" (FIG. 14).

FIG. 12. Perfil composto do afloramento 2. Simbologia: ver FIG. 5.

FIG. 13. Vista geral do afloramento 2, na rodovia Baão do Grajaú-São João dos Patos, BR 230, Km 23, MA.

FIG. 14. Detalhe da fácies 2 do afloramento 2. Notar a alternância argila/areia e a presença de estruturas do tipo "linsen".

Encontram-se em todo o pacote, abundantes restos vegetais fragmentados. Na porção média a superior do pacote, é possível encontrarem-se pequenos restos identificáveis (*Paulophyton* sp. e *Diplothmema gothanica*?). Para o topo, o pacote torna-se arenoso e diminuem as estruturas "linsen". O contato inferior é gradual. Espessura total: 5,0 m.

OBSERVAÇÕES: Próximo ao afloramento 2, encontra-se outro afloramento que apresenta, além de pacotes siltico-arenosos semelhantes aos descritos acima, arenitos de textura fina, compostos de camadas tabulares, internamente, com estratificações cruzada de pequeno porte (FIG. 15).

Afloramento 3 (Salto da Pedra, próximo à Barra do Lança, PI) (FIGS. 16 e 17)

FACIES 1 - Arenito amarelo-alaranjado a creme, de textura fina a média, composto de pequenos corpos tabulares, intercalado por finas camadas de argilitos, cinza-azulados que apresentam, internamente, lâminas delgadas de areia fina. Restos vegetais bastante fragmentados são encontrados no interior do arenito (FIG. 17). Restos mais completos e identificáveis (*Diplothmema gothanica* e *Nothorhacopteris* sp. 2) encontram-se nos argilitos. Espessura total: 0,5 m.

Afloramento 4 (Riacho do Roncador, Barra do Lança, PI) (FIGS. 18, 19, 20-23)

FACIES 1 - Arenito amarelo-esverdeado, de textura fina, composto de camadas tabulares que gradam internamente de estruturas do tipo "climbing ripple", na base, para laminações plano paralelas formadas por siltitos argilosos creme, no topo. Restos vegetais são encontrados junto as estruturas "climbing ripples" e, por isso, apresentam-se, em geral, retorcidos. Na base do pacote, ocorre uma pequena lente carbonosa e arenosa. Espessura total: 0,5 m (FIG. 20).

FACIES 2 - Arenito cinza, de textura fina a muito fina, formado por pequenas camadas e lâminas sobrepostas, as quais são

FIG. 15. Vista parcial de um afloramento muito próximo ao afloramento 2. Notar a presença de pequenas barras arenosas contendo estratificação cruzada de pequeno porte.

FIG. 16. Vista geral do afloramento 3 (seta), em Salto de Pedra, próximo a Barra do Lança, PI.

FIG. 17. Restos vegetais nos corpos tabulares de arenitos do afloramento 3. Notar sua grande quantidade, dimensões e formas.

FIG. 18. Vista geral do afloramento 4, margem do Riacho do Roncador, Barra do Lança, PI.

FIG. 19. Perfil composto do afloramento 4. Simbologia: ver FIG. 5.

FIG. 20. Vista da porção inferior do afloramento 4. Notar a presença das fácies 1 e 2.

FIG. 21. Vista parcial da porção superior do afloramento 4. Notar a presença das fácies 3 e 4.

separadas por superfícies onduladas e apresentam raras estruturas tipo "wavy". O contato inferior é brusco. Espessura total: 1,25 m (FIG. 20).

FACIES 3 - Arenito amarelo-esverdeado, de textura fina, composto de pequenas camadas tabulares que apresentam estruturas do tipo "climbing ripple", na base, e laminações plano-paralelas síltico-argilosas, no topo. O pacote torna-se mais síltico para o topo. Contato inferior brusco e irregular. Espessura total: 0,75 m (FIG. 21).

FACIES 4 - Arenito cinza, de textura fina a muito fina, formado por pequenas camadas e laminações paralelas separadas por superfícies onduladas, e por vezes apresentando "wavy" e "linsen" (FIG. 23). Na base, o pacote é mais síltico passando a arenoso no topo, onde ocorre intercalações com lâminas de argilitos cinza escuros. O contato inferior é gradual. Espessura total: 1,5 m (FIGS. 21 e 22).

FACIES 5 - Arenito cinza à creme, de textura fina, composto de camadas paralelas separadas por superfícies onduladas, apresentando estruturas do tipo "climbing ripple". Contato inferior brusco. Espessura total: cerca de 0,5 m (FIG. 22).

OBSERVAÇÕES: Deste afloramento provieram dois importantes elementos florísticos descritos por Dolianiti (1980): *Rhacopteris* sp. e *Triphyllopteris alvaro-albertoi*. Os níveis exatos de ocorrência destes vegetais não puderam ser localizados, pois, nenhum resto vegetal identificável foi por nós coletado. Porém, na fácies 1 encontramos pequenos fragmentos de pínulas que morfológicamente muito assemelham-se aquelas dos táxons descritos por Dolianiti (1980). Assim sendo, sugerimos este nível como possível fonte de origem dos restos vegetais estudados por Dolianiti.

FIG. 22. Vista parcial da porção superior do afloramento 4. Notar a presença das fácies 4 e 5.

FIG. 23. Detalhe da fácies 4 do afloramento 4. Notar a presença de estruturas do tipo "linsen".

5 - Geologia Geral da Bacia do Parnaíba

5.1. Localização

A Bacia do Parnaíba, também conhecida como Bacia do Maranhão-Piauí ou do Meio Norte, ocupa parte das regiões nordeste, norte e centro-oeste do Brasil, compreendendo os estados do Piauí, Maranhão e parte do Ceará, Tocantins e Pará. Possui uma forma elipsoidal, com o diâmetro maior orientado no sentido NE-SW, abrangendo uma área aproximada de 600.000 Km² (Cunha, 1986; Goes et al., 1990; e Lima Filho, 1991). Separa-se da Bacia do Médio Amazonas, a noroeste, pelo Arco de Tocantins; ao norte, das Bacias de São Luiz e Barreirinhas, pelo Arco Ferrer - Urbano Santos; a sul e sudeste, das Bacias do São Francisco e Lençóis, pelo Arco de São Francisco; a leste e a oeste, está limitada pelo Escudo Brasileiro (Della Favera, 1990). Como áreas cratônicas vizinhas temos, ao norte, o Cráton de São Luiz; a oeste, o Cráton do Amazonas; e a sudeste, o Cráton do São Francisco (Cunha, 1986).

5.2. Contexto Tectono-Sedimentar

A Bacia do Parnaíba instalou-se sobre a litosfera continental (bacia intracratônica) formada pela junção das faixas de dobramento brasileiros que margeiam os Cratons do Amazonas, São Luís e São Francisco. As estruturas pré-cambrianas (geradas no Ciclo Brasileiro) atuaram decisivamente na compartimentação básica da bacia e presidiram a distribuição de seus eixos deposicionais no decorrer do Fanerozóico (Cunha, 1986).

Como resultado dos pulsos terminais do Ciclo Brasileiro (Cambro-ordoviciano) formaram-se grabens, ou riftes precursores, distribuídos pela bacia, com eixos orientados de nordeste a norte-sul. Esses grabens mostram-se preenchidos por sedimentos imaturos, correlacionáveis tentativamente com os do Grupo Jaibaras. Com a continuidade da evolução termo-mecânica da área, a Bacia do Parnaíba originou-se no Siluriano, pelo progressivo afundamento ao longo das faixas tectonicamente instáveis (Cunha 1986; e Goes et al, 1990). As áreas subsidentes dos riftes precursores (Lineamento Transbrasiliiano) e do Lineamento Picos-Santa Inês teriam influído

na sedimentação ocorrida durante o Paleozóico (principalmente no Devoniano) (Della Favera, 1990). No Mesozóico, ocorre um expressivo processo magmático intrusivo e extrusivo relacionado com a fragmentação da Pangeia, que teria modificado profundamente o arcabouço tectônico da bacia, alterando localmente as conformações altamente regulares dos estratos. Segue-se a esta no final do Mesozóico (Neocomiano), uma nova fase de estruturação da bacia, que se deu por meio de falhas reversas e dobramentos compressionais de direção noroeste (Goes et al., 1990). Finalmente, segue-se a formação do rifte na porção norte-noroeste da bacia (surgimento das bacias marginais de São Luis e Barreirinhas) (Della Favera, 1990).

5.3. Estratigrafia

5.3.1. Coluna Estratigráfica

A Bacia do Parnaíba é, sobretudo, uma bacia paleozóica, ainda que os depósitos mesozóicos pouco espessos cubram grandes áreas. A espessura sedimentar máxima é um pouco maior do que 3.000 m (cerca de 3.400 m - Goes et al., 1990), dos quais 2.500 m são paleozóicos e o restante mesozóicos (Schobbenhaus et al., 1984).

A sedimentação da bacia se processou durante três megaciclos, segundo Mesner e Wooldridge (1964), e Brito (1979 e 1981 - apud Della Favera, 1990). O primeiro ciclo corresponde a rochas sedimentares terrígenas (arenitos, siltitos e folhelhos) de idade neo-ordoviciano a eocarbonífera; o segundo compreende sedimentos, em geral, terrígenos (arenitos, arenitos eólicos, carbonatos e evaporitos) de idade neocarbonífera a jurássica; o terceiro corresponde à fase rift das bacias marginais de idade neocretácea e é representado também por clásticos. Esses três grandes ciclos deposicionais seriam demarcados por discordâncias regionais e estariam, estratigraficamente, situados acima dos terrenos pré-cambrianos ou cambro-ordovicianos. Já para Cunha (1986), o desenvolvimento da bacia teria processado-se através de cinco grandes ciclos tectono-sedimentares. Esses correspondem a subdivisão do primeiro e do terceiro ciclos dos autores

anteriores, criando assim quatro novos ciclos, à saber: o siluriano, o devoniano-mississipiano, o jurotriássico-eocretáceo e o cretáceo, respectivamente.

Como já salientado, (ITEM 5.2.), para Mesner e Wooldridge (1964) e Cunha (1986), a sedimentação da bacia teria sido diretamente influenciada por movimentos tectônicos de estilo epirogenético ocorridas sobre áreas dos Lineamentos Transbrasiliano e Picos-Santa Inês. Entretanto, Lima Filho (1991) argumenta que variações eustáticas teriam um papel importante no controle deposicional da bacia. O trabalho de Della Favera (1990), que estabelece uma relação direta entre a deposição das seqüências sedimentares paleozóicas e as variações do nível do mar, argumenta fortemente a favor da existência de um controle eustático sobre a sedimentação da bacia, pelo menos durante o Paleozóico. A subsidência muito lenta da bacia, durante o seu desenvolvimento no Paleozóico (Cunha, op. cit pag. 10), poderia explicar o maior controle eustático na sedimentação.

A pequena espessura sedimentar apresentada pela bacia contrasta nitidamente com suas amplas dimensões. Para Cunha (1986), isto se deve a uma subsidência muito lenta da bacia. Assim sendo, para ele, os limites deposicionais da bacia não deveriam estender-se muito além dos limites de suas bordas atuais, a não ser, talvez, a leste e nordeste. Entretanto, para Della Favera (1990), a extensão atual da bacia parece ser remanescente de uma vasta área original. Segundo ele, (op. cit. pág. 112) a ocorrência de sedimentos paleozóicos em outras regiões do nordeste, ou mesmo extra-continentais (como Ghana, na África), com as mesmas características estratigráficas e sedimentológicas, e com indicações de uma proveniência comum em termos de paleocorrentes, aponta para uma extensão primitiva muito maior da bacia do que a atual. Fulfáro (comun. pes., 1991) compartilha a mesma opinião de Della Favera. Para ele, a pequena espessura do pacote sedimentar da atual bacia do Parnaíba pode ser explicada pelo fato de sua área atualmente preservada corresponder a porção marginal mais rasa ("cabo da bigorna") de uma extensa região de subsidência, que se estendia em direção ao nordeste da África e ao antigo mar de

Tethys e que se fragmentou, posteriormente, durante a separação da Pangeia.

5.3.2. Litoestratigrafia

A coluna litoestratigráfica padrão do Paleozóico da Bacia do Parnaíba pode ser visualizado na Fig.24 (segundo Caputo, 1984).

A recente revisão de Grahn (1992) estabelece a existência de um ciclo deposicional no final do Devoniano (Fameniano Superior), que, possivelmente, se continuou através do Eocarbonífero (VER ITEM 4.4). Descreve-se, a seguir, as características das unidades litoestratigráficas relacionadas a este único ciclo deposicional Devono-Carbonífero, aparentemente, contínuo que ocorreu durante o Devoniano Superior e o Eocarbonífero. Analisa-se, assim, somente aquelas unidades litoestratigráficas que estariam relacionadas, geneticamente, a um mesmo evento deposicional. Portanto, abordar-se-á apenas as unidades que correspondem ao terço superior do primeiro megaciclo deposicional de Mesner e Wooldridge (1964) e Brito (1979 e 1981 - segundo Della Favera, 1990), a saber: Formações Cabeças ("sensu lato"), Longá e Poti. A Formação Piauí também será analisada, uma vez que ela é a unidade imediatamente superposta a Formação Poti.

Formação Cabeças "sensu lato"

A Formação Cabeças foi definida por Plummer, em 1948, a partir de uma seqüência de arenitos devonianos que afloravam na porção leste da bacia. A fauna encontrada nesta formação consiste de trilobites, braquiópodes, tentaculites, bivalves e gastrópodes (Melo, 1988) e lembra aquela da Formação Irecê na bacia do Amazonas, datada do Neo-Eifeliano - Eogivetiano.

Andrade e Daemon (1974), Daemon (1976), Streel (1986), e Quadros (1982) dataram os diamictitos que ocorreriam no topo da Formação Cabeças como sendo do Fameniano, os quais são da mesma idade dos diamictitos encontrados nas bacias do Solimões e Amazonas. Estes diamictitos estão restritos a parte oeste da bacia e representariam, segundo Caputo (1985) e Caputo e Crowell (1985),

COL. CRONOESTRATIGRÁFICA				UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA BACIA DO PARNAÍBA
ERA-THEMA	SIS-TEMA	SÉRIE	ANDAR	
P A L E O Z ó i c o	PERMIANO	ME-NEO	SAKMARIANO	MOTUCA
		SO		P. DE FOGO
		EO		
	CARBONÍFERO	NEO	STEPHANIANO	PIAUÍ
			WESTPHALIANO "B" a "D"	
			WISEANO	POTI
		EO	TOURNAISIANO	
	DEVONIANO	NEO	FAMENNIANO	LONGÁ
			FRASNIANO	CABEÇAS
			GIVETIANO	PIMENTEIRAS
		MESO	EIFELIANO	ITAIM
			EMSIANO	
	SILURIANO	ME-NEO	WENLOCKIANO	JAICÓS
		SO	LANDOVERIANO	TIANGUA
	ORDOVÍCIO	NEO	ASHGILLIANO	IPU
			CARADOCIANO ?	

FIG. 24. Coluna litoestratigráfica da Bacia do Parnaíba (modificado de Caputo, 1984; segundo Lima Filho, 1991).

o registro de um evento glacial ocorrido ao norte da América do Sul durante o fim do Devoniano. Grahn (1992), entretanto, sugere que esta unidade superior diamictítica não estaria relacionada aos depósitos da verdadeira Formação Cabeças (*sensu* Plummer, 1948), formando, portanto, uma unidade a parte. Isto explicaria as discrepâncias encontradas em termos de ambientes deposicionais e de idades entre as duas Sequências da Formação Cabeças. De acordo com Streel (segundo Grahn, 1992), a parte inferior da sobrejacente Formação Longá, localizada na porção leste da bacia, é da mesma idade dos diamictitos a oeste, denominados até então, de "Formação Cabeças". Assim sendo, os diamictitos estariam intimamente relacionadas com os sedimentos da porção basal da Formação Longá. Os depósitos da Formação Longá, possivelmente interdigitados com os diamictitos da "Formação Cabeças" podem representar, num primeiro momento, as fácies mais distais do sistema glacial e, num segundo momento, o registro de um mar epicontinental correspondente a um evento de inundação que marcaria o final da glaciação.

Os diamictitos serão aqui referidos como depósitos da Formação Cabeças "*sensu lato*", como forma de diferenciá-los dos verdadeiros depósitos da Formação Cabeças (restritos ao Devoniano Médio, ou atingindo, no máximo, o Neodevoniano Inferior, Grahn, 1992 - *op. cit.* pág. 49).

A Formação Cabeças "*sensu lato*" consistiria de arenitos com estratificação cruzada, conglomerados e níveis de seixos intercalados (Grahn, 1992).

Foram registrados: estruturas de escorregamento sin-sedimentares, arenitos cortados por canais, pavimentos estriados, seixos facetados, estriados e polidos nos diamictitos, e seixos pingados em folhelhos locais (Caputo 1984; Caputo e Crowell, 1985; e Grahn, 1992). Tais feições indicam um ambiente glacial, com a presença de capas de gelo e a formação de lobos glaciais que penetrariam na bacia pela borda oeste.

Formação Longá

Essa formação foi, formalmente, proposta por Albuquerque e Dequech (1946), sendo seu nome derivado do Rio Longá. Sua maior espessura é de 243 m (Quadros, 1982), tendo em média 100 m de espessura, segundo Aguiar (1971). Predominam folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, carbonosos, com intercalações de arenitos finos, branco- amarelados e delgados leitos de calcáreos argilosos. Della Piazza (1966, segundo Grahn, 1992) dividiu a formação em três sub-unidades: uma arenosa (média) e duas pelíticas (inferior e superior). O contato inferior é abrupto, marcado por acentuada mudança litológica, com os sedimentos da Formação Cabeças (sensu Plummer, 1948), e interdigitado lateralmente à Formação Cabeças "sensu lato". A porção basal das Formações Longá e Cabeças "sensu lato" constitui uma fácies arenosa lateral localizada na porção oeste da bacia (Grahn, 1992, op. cit. pág. 49). O contato superior com a Formação Poti é globalmente concordante e gradacional, embora possa ser localmente brusco. (Della Favera, 1990).

Nesta formação ocorre uma megafauna marinha composta de braquiópodes, moluscos, trilobites, equinodermes e restos de peixes. Em termos de microfósseis, encontram-se quitinozoários, acritarcas e esporos (Quadros, 1982; Della Favera, 1990). Icnofósseis (em geral, bioturbações de invertebrados) são localmente muito abundantes. Kegel (1952) registrou uma fauna de lamelibrânquios característicos da porção inferior do Devoniano Superior. Datações com base em microfósseis, tanto marinhos como terrestres, revelaram sempre uma idade que varia entre Devoniano Superior e o Eocarbonífero Inferior (Tournaisiano) (Daemon, 1974; Lima e Leite, 1978; e Quadros, 1982). Portanto, os sedimentos da Formação Longá transgridem o limite Devoniano - Carbonífero.

As características litológicas, sedimentares e faunísticas da Formação Longá indicam uma tendência transgressiva-regressiva (Della Favera, 1990). Os ritmitos da unidade inferior refletem um rápido afogamento do sistema deltaico da Formação Cabeças (sensu Plummer, 1948) (Grahn, 1992) e podem representar o momento de subida do mar proporcionado pelo final da glaciação. Os

sedimentos várvidos encontrados localmente ao norte da bacia (Della Favera, 1990) podem representar fácies do sistema glacial registrado na Formação Cabeças "sensu lato" (VER ITEM 5.3.2.1.). O ambiente deposicional passa, então, de infranerítico na unidade basal para litorâneo na seção média, com pulsos deposicionais, e na unidade superior, para ambientes calmos, de baixa energia, alternados com ambientes de zonas costeiras (conforme Lima e Leite, 1978; e Schobbenhaus et al., 1984).

Formação Poti

Nome derivado do Rio Poti, proposto por Paiva e Miranda (1937), tendo sua primeira referência sido feita por Lisboa (1914) para designar folhelhos carbonáceos que afloram no Rio Poti (Schobbenhaus et al., 1984). A maior espessura da formação registrada é de 327 m (Quadros, 1982). Os estratos da Formação Poti, segundo Lima e Leite (1978), podem ser subdivididos em dois intervalos, um inferior constituído de arenitos médios, cinza-esbranquiçados, com lâminas esparsas de siltito cinza-claro e raros níveis conglomeráticos; e outro superior de arenitos cinza, lâminas de siltitos e folhelhos carbonosos com ocasionais laminações de carvão. O contato inferior com a Formação Longá é praticamente concordante em toda a extensão da bacia. O contato superior com a Formação Piauí é nitidamente discordante nos bordos (marcado por superfícies erosivas) e possivelmente abrupto para o centro da bacia (Aguiar, 1971; Schobbenhaus et al., 1984; Della Favera, 1990; Lima Filho, 1991).

Duarte (1936) e Kegel (1954) registram uma fauna marinha pouco diversificada, composta de lamelibrânquios e um braquiópode inarticulado na seção inferior da Formação Poti. Na seção superior, Dolianiti (1954, 1962 e 1980) identifica uma flora esfenopteróide. Em termos de microfósseis, encontram-se na seção inferior raros elementos marinhos (Chitinozoa e Acritarchae) que desaparecem para o topo da formação. Elementos terrestres (esporomorfos) ocorrem ao longo de toda a seção (Daemon, 1974; e Quadros, 1982). Datações com base em macrofitofósseis são pouco precisas. A fauna estudada por Kegel (1954) é característica do

intervalo Devono-Carbonífero. Dolianiti (1954) atribuiu uma idade mississipiana a flora, porém trabalhos recentes sugerem uma idade um pouco mais jovem (Sessarego e Césari; 1989). Os microfósseis indicam um intervalo de idade que varia do Tournaisiano ao Viseano (Daemon, 1974; Lima e Leite, 1978; e Quadros, 1982), sem sair do Eocarbonífero.

As características litológicas, sedimentológicas e paleontológicas sugerem para a seção inferior da Formação Poti, um ambiente deposicional marinho de águas rasas, gradando acima a um ambiente fluvio-deltáico, com alguma contribuição marinha. (Lima e Leite, 1978, e Lima Filho, 1991). Caputo e Crowell (1985) sugerem que a Formação Poti poderia ter sido depositada sob condições periglaciais.

Formação Piauí

Small em 1913 (segundo Schobbenhaus et al., 1984; e Baptista et al., 1984) usou o termo "série Piauí" para designar toda a seqüência paleozóica da bacia. Posteriormente, Duarte (1936), e Oliveira e Leonardos (1943, segundo Schobbenhaus et al., 1984), utilizaram o termo para formação, representando apenas as camadas, atualmente compreendidas entre os arenitos da Formação Poti e o sílex basal da Formação Pedra de Fogo, conforme o conceito adotado de Lima e Leite (1978). A maior espessura medida para a Formação Piauí foi de 346 m. Segundo Lima e Leite (1978) e Lima Filho (1991), a Formação Piauí encontra-se subdividida em duas partes: a inferior, constituída de arenitos róseos, médios com intercalações de siltitos vermelhos e verdes; a superior, composta por arenitos avermelhados com intercalações de leitos e lâminas de siltitos vermelhos, finos leitos de calcários e evaporitos. O contato inferior com a Formação Poti é caracterizado por uma discordância erosiva pelo menos nas bordas da bacia. O contato superior com a Formação Pedra de Fogo é considerado concordante. (Aguilar, 1971 e Schobbenhaus et al., 1984).

Quanto ao registro paleontológico, a Formação Piauí, apesar de se mostrar uma unidade promissora, não foi até agora adequadamente estudada. Campanha e Rocha-Campos (1979) fizeram o

melhor apanhado dos restos da fauna marinha encontrada nos calcáreos da Formação Piauí (Calcáreo Mocambo, etc). Estes assinalaram a presença de: moluscos, anelídeos, briozoários, esponjas, ostracodes, equinodermos, peixes, foraminíferos, conodontes, braquiópodes e trilobites. Dolianiti (1972) comenta a existência de restos de formas pecopteróides (*Pecopteris* sp) sendo este o único registro macroflorístico para a formação. Müller (1962, segundo Schobbenhaus et al., 1984) assinalou a existência de esporomorfos (microfósseis terrestres?). Com base nos tipos de conodontes encontrados, Campanha e Rocha-Campos (1979) assinalaram uma idade pensilvaniana (eo-mesopensilvaniana) para o membro superior da formação. Müller (1962, em Mesner e Wooldridge, 1964), baseado nos estudos palinológicos, atribuiu uma idade Pensilvaniano Inferior a Superior para a Formação Piauí.

Lima e Leite (1978) atribuem à Formação Piauí, um ambiente deposicional continental do tipo fluvial com contribuição eólica, em clima semi-árido a desértico, com incursões marinhas. Para Lima Filho (1991), o clima seria desértico, no qual as condições de aridez foram tornando-se mais severas permanecendo, no entanto, a sedimentação sob influência das variações da linha de costa. Foram assinalados os seguintes sistemas: eólico, lacustre, deltaico, fluvial evaporítico e marinho raso (plataforma carbonática).

5.4. Sequências Depositionais

Como já foi visto (ITEM 5.3.1.), Cunha (1986) dividiu o que seria o primeiro megaciclo de Mesner e Wooldridge (1964), e Brito (1979, 1981 - conforme Della Favera, 1990) em dois grandes ciclos tectono-deposicionais: um inferior ocorrido no Siluriano, e um superior, mais extenso, que ocorreu durante o Devoniano-Mississipiiano (Eocarbonífero). Cunha (1986) afirma que a deposição dos sedimentos siluro-pensilvanianos da Bacia do Parnaíba esteve condicionada a dois eixos deposicionais principais (Lineamentos Transbrasiliano e Picos - Santa Inês), demonstrando assim a persistência de um mesmo controle tectônico. Neste caso, em termos tectono-sedimentares, deveríamos considerar o Paleozóico da Bacia

do Parnaíba como um único evento deposicional, assim como sugerem os megaciclos estabelecidos por Mesner e Wooldridge (1964), e Brito (1979, 1981 - segundo Della Favera, 1990). Entretanto, Della Favera (1990), ao estudar os sedimentos paleozóicos da bacia a partir da óptica da "Estratigrafia de Seqüências", estabeleceu três Seqüências sedimentares completas para pacote neopaleozóico, as quais transgridem os limites impostos pela litoestratigrafia; a saber: seqüência devoniana, devono-mississipiana e mississipiana. As duas últimas estão diretamente ligadas a esse estudo.

A seqüência devono-mississipiana seria composta de dois intervalos completos, um transgressivo e outro regressivo. O intervalo transgressivo corresponde a metade inferior da Formação Longá; o regressivo corresponde ao topo da Formação Longá e a porção basal da Formação Poti. As discordâncias locais assinaladas entre as Formações Longá e Poti corresponderiam a truncamentos erosivos existentes no trato de sistemas de nível de mar alto. A seqüência mississipiana, por sua vez, corresponde ao topo da Formação Poti e é composta apenas pelo intervalo transgressivo, o regressivo teria sido removido pela discordância erosiva que ocorre entre a Formação Poti e Piauí (Della Favera, 1990). Ao delimitar superfícies amplamente correlacionáveis e, portanto, mapeáveis para o limite das Seqüências deposicionais, Della Favera (1990) demonstra ser possível a divisão da seqüência sedimentar paleozóica em unidades deposicionais menores.

O limite proposto por Della Favera, entre as Seqüências devoniana e devono-mississipiana, é corroborado por estudos recentes de Grahn (1992), e Loboziak et al. (1992) que mostram a existência de um hiato deposicional no Fameniano da bacia, entre o topo da Formação Cabeças e a base da Formação Longá. Grahn (1992) sugere que esta última formação estaria relacionada a um ciclo deposicional que se prolonga pelo Eocarbonífero. Este corresponderia a seqüência devoniano-mississipiana de Della Favera (1990). Já o limite entre as Seqüências devoniano-mississipiana e mississipiana parece ser menos nítido (Della Favera, 1990, op. cit. pág. 142).

6 - Histórico do Estudo do Flora da Formação Poti

A Flora da Formação Poti foi mencionada pela primeira vez em 1934, por Kuzébio de Oliveira, em um estudo preliminar sobre algumas impressões vegetais (*Sphenopteris* ou *Palmatopteris furcata*) provenientes da sondagem 125 realizada em Teresina, Piauí, em 1933. Oliveira datou-a como sendo do Carbonífero Superior (Westphaliano). Esta mesma idade foi confirmada em um trabalho posterior (Oliveira, 1935) a respeito dos "Sphenopterídeos do Brasil" onde este mesmo autor descreve mais alguns outros restos vegetais (*Sphenopteris furcata*, *S. obtusiloba*, *Cardiocarpon*).

Após estes estudos preliminares, a flora ou seus elementos foram apenas citados em alguns trabalhos que versavam sobre a análise dos testemunhos da sondagem 125 e outras (Duarte, 1936; Paiva e Miranda, 1937) ou sobre a geologia da bacia do Parnaíba (Albuquerque e Dequech, 1950 e Kegel, 1953). No entanto, em 1954, com o trabalho de Elias Dolianiti, a Flora da Formação Poti foi quase que completamente descrita. Dolianiti descreveu e ilustrou alguns espécimes anteriormente estudados por Oliveira (1934 e 1935) e outros encontrados naquela mesma sondagem 125 (*Adiantites gothanica*, *A. oliveirani*, *A. santosi*, *A. alvaro-albertoi*; *Sphenopteridium* sp; *Cardiopteridium* sp; *Rhodea* sp; *Kegelidium lamegoi*; e *Paulophyton sommeri*), além de mais alguns provenientes do afloramento Curral de Pedra (*A. alvaro-albertoi*; *Rhodea* sp; *K. lamegoi* e *P. sommeri*), no distrito de Natal (atualmente cidade de Monsenhor Gil), e da sondagem Beneditinos (*Lepidodendropsis* sp), realizada próximo a Teresina. Os macrofitofósseis estudados, provenientes da porção superior da Formação Poti, foram datados por ele como do Carbonífero Inferior (Mississippiano).

A partir deste trabalho de vulto, a flora tornou-se mundialmente conhecida. Em 1962, Dolianiti descreve mais um elemento (*Cyclostigma brasiliensis*) que faria parte da Flora da Formação Poti e provinha de algumas localidades ao sul, muito distantes daquelas de onde provieram as formas anteriormente

descritas em 1954 (do Município de Cinzeiro, no Pará, e das margens do Rio Manoel Alves, no Maranhão).

Rigby, em 1969, faz a primeira revisão dos componentes tafoflorísticos da Formação Poti, dentro de um trabalho de cunho mais geral, no qual procurou reavaliar todos os macrofitofósseis vegetais já descritos na literatura para as floras carboníferas do Gondwana, identificando-os como floras pré-gondvânicas (ou pré-Glossopteris). Rigby, nesta revisão, utilizou-se apenas da literatura, exceto no caso dos espécimes brasileiros, que teve oportunidade de analisar propondo alterações taxonômicas para várias formas.

Na Formação Poti, Rigby (op. cit.) criou três novas combinações taxonômicas para algumas formas identificadas por Dolianiti (1954): *Adiantites oliveiranus* passou a *Sphenopteris oliverianus*; *A. santosi* a *Sphenopteris santosi*, e *A. alvaro-albertoi* a *Triphyllopteris alvaro-albertoi*. Contudo, baseou-se em critérios artificiais de separação dos morfogêneros, válidos apenas para os espécimes gondvânicos (op. cit. pág. 394), e na idéia de que as paleofloras do Eocarbonífero do mundo teriam um caráter cosmopolita, diferenciando-se entre si, no máximo, em nível específico. Além disso, Rigby cometeu um engano ao atribuir a Gothan uma combinação genérica para *Adiantites gothanica* (= *A. paracasica*) que, na verdade ele mesmo elegeu baseado em uma opinião de Gothan emitida in Dolianiti (1954: 395 e 396). Para ele (op. cit.) todas as floras pré-gondvânicas teriam sido viseanas. O trabalho de Rigby, por ter sido muito abrangente e ter re combinado várias formas com base apenas na literatura, é um tanto impreciso.

Após 1969, segue-se uma fase em que ocorre uma série de menções à Flora da Formação Poti dentro de outros trabalhos, tais como o de Dolianiti (1972), nos quais a flora é usada como elemento de comparação ou são ressaltados aspectos sobre a importância desta no contexto da evolução paleoflorística gondvânica. Dolianiti (1980) descreve mais uma forma para a Flora da Formação Poti (*Rhacopteris* sp), além de algumas frondes bipinadas que foram associadas a um táxon já descrito

(*Triphylopteris alvaro-albertoi*), ambos provenientes de uma localidade próxima ao Rio Gurgueia, Piauí, mais ao sul das ocorrências listadas em 1954, e mais ao norte daquelas citadas em 1962.

Em 1978, Rösler coleta um novo material na rodovia Teresina-Picos (Km 63), que foi mencionado em um resumo de Rösler e Ciguel (1985). São reconhecidas aí formas com afinidades devonianas (i.e. *Paulophyton sommeri*) e esfenófitas, estas últimas até então, não mencionadas entre os elementos dessa flora.

Recentemente, outros trabalhos sugerem novas combinações para as formas da Formação Poti. Dentre estes temos: Rocha-Campos e Archangelsky (1985), onde *Cardiopteridium* sp de Dolianiti (1954) poderia ser uma forma afim com *Botrichiopsis weissiana* Kurtz (o que já havia sido sugerido por Rigby, 1969); Césari (1986) que aponta a presença de *Eusphenopteris sanjuanina* (= *A. alvaro-albertoi* Dolianiti, 1954) e *Fedekurtzia argentina* (= *A. alvaro-albertoi* Dolianiti, 1980) na flora da Formação Poti; Césari (1987) onde *Adiantites gothanica* é colocada em sinonímia de *Diplothmema bodenbenderi*; e Sessarego e Césari (1989) que indicam a presença de *Nothorhacopteris argentinica* (= *Rhacopteris* sp Dolianiti, 1980) (VER FIG. 25). Entretanto, tais sinonímias foram estabelecidas com base apenas na literatura existente, ou seja, sem qualquer análise do material. Apesar disso, estes trabalhos alteram a idade da Flora da Formação Poti, sugerindo-lhe desde um Carbonífero Inferior alto (Sessarego e Césari, 1989) até um Carbonífero Superior baixo (Rocha-Campos e Archangelsky, 1985).

Como podemos ver desde sua primeira descrição, os elementos taoflorísticos da Formação têm sofrido numerosas recombinações taxonômicas. No entanto, estas em sua maioria feitas de forma arbitrária e inadequada, sob pressão da necessidade de correlação entre os diversos estratos. Um estudo mais aprofundado deve ser feito.

REFERÊNCIAS	OLIVEIRA, E.	OLIVEIRA, E.	DOLIANITI, E.	DOLIANITI, E.	MILLAN, J.H.	RIGBY, J.F.	DOLIANITI	LEGUIZAMON, R. e S. ARCHANGELSKY	ROCHA-CAMPOS, A.C. S. ARCHANGELSKY	CÉSARI, S.N.	SESSAREGO, H.L. S.N. CÉSARI	PRESENTE TRABALHO
TÁXONS NÚMERO	1934	1935	1954	1962	1965	1969	1980	1981	1985	1986	1989	
1	Sphenopteris furcata ou Palmatopteris furcata	Sphenopteris furcata	Adiantites gothanica			Adiantites paracasica				Diplothmema bodenbenderi (+)		Diplothmema gothanica
2			Adiantites oliveiranus			Sphenopteris oliveiranus						Diplothmema gothanica
3			Adiantites santosi			Sphenopteris santosi						Diplothmema gothanica
4		Sphenopteris obtusiloba	Adiantites alvaro-albertoi			Triphyllopteris alvaro-albertoi				Eusphenopteris sanjuanina (*)		Adiantites sp.
5			Kegelidium lamgoi					Paulophyton sommeri				Kegelidium lamgoi
6			Paulophyton sommeri									Paulophyton sommeri
7			Rhodea sp					Paulophyton sommeri				Paulophyton sommeri
8			Cardiopteridium sp							Botrychiopsis weissiana		Cardiopteridium ? sp
9			Sphenopteridium sp			Sphenopteris ? sp						Sphenopteridium ? sp
10			Lepidodendropsis sp									NÃO REVISADA
11		Cardiocarpon sp		Cyclostigma brasiliensis								sementes?
12					Cordaicarpus sp							Ursodendron? brasiliensis
13							Rhacopteris sp				Nothorhacopteris argentina	Nothorhacopteris sp
14							Triphyllopteris alvaro-albertoi			Fedekurtzia argentina	Fedekurtzia argentina	Triphyllopteris adiantoides
<p>FIG. 25. Tabela contendo as diferentes combinações taxonômicas propostas para as formas da flora da Formação Poti já descritas na literatura. Notar a taxonomia adotada neste trabalho.</p>												ver também (+) Cesari, 1987 (*) Cesari, 1988

7 - Sistemática da Flora

7.1. Dificuldades do Estudo

Tratam-se de espécimes muito fragmentados. Assim, quando possível, foram feitas reconstruções tentativas dessas formas, com a finalidade de auxiliar no estudo comparativo.

Muitas vezes os táxons mais similares às formas estudadas tiveram que ser re-analisados, pois a literatura existente deixa dúvidas quanto a validade das diagnoses originais ou sobre as formas por elas abrangidas. Isto é devido ao fato destas entidades taxonômicas, em geral euro-americanas, terem sido definidas a várias décadas atrás e sem qualquer reestudo. Estas entidades precisam de extensa e minuciosa revisão diagnóstica.

Por fim, devido a origem euro-americana dos táxons mais similares e a antiguidade das diagnoses e/ou dos trabalhos originais que as definem, a literatura pertinente não pode ser totalmente esgotada. Nem mesmo todos os trabalhos consultados por Dolianiti (1954) puderam ser encontrados.

Os fatos apresentados acima constituíram-se em problemas inerentes ao próprio material, que tiveram de ser enfrentados durante as análises, além das demais dificuldades normalmente encontradas dentro do estudo paleobotânico das compressões/impressões.

Deve-se salientar que a ordenação dos táxons apresentados segue a ordem cronológica de aparecimento na literatura. Uma vez que o presente trabalho constitui-se de uma revisão de entidades previamente descritas e que a maioria dos táxons possui afinidades filéticas incertas preferiu-se este tipo de ordenação em detrimento a uma francamente evolutiva.

7.2. *Diplothemema* Gothanica

7.2.1. Sinonímia, diagnose e descrição

Classe: Pteridospermopsida?
 Ordem: Pteridospermales?
 Gênero: *Diplothemema* Stur, 1877
 Espécie-tipo: *Diplothemema patentissima* (Ettingh.) Stur
Diplothemema gothanica (Dolianiti) nov. comb.
 (figs. 26 e 27; est. 1 e 2)

Sinonímia

1935 <i>Sphenopteris furcata</i>	Oliveira, est. II, III (figs. 1, 7, 9, 11 e 12) e IV (figs. 6, 8 e 10)
1954 <i>Adiantites gothanica</i>	Dolianiti, est. I e II
1954 <i>Adiantites oliveiranus</i>	Dolianiti, est. III
1954 <i>Adiantites santosi</i>	Dolianiti, lám. IV e V
1969 <i>Adiantites paracasica</i>	Gothan, em Rigby p. 395 e 396
1969 <i>Sphenopteris oliveiranus</i>	(Dolianiti) Rigby, p. 396 e 408
1969 <i>Sphenopteris santosi</i>	(Dolianiti) Rigby, p. 396 e 408
1969 <i>Diplothemema bodenbenderi</i>	Césari, p. 264 e 266

Material Estudado: DGM 672 - 673 - 677 - 682 - 669 - 1006 a 1009 - Pb; GP/3E - 4448 - 4453 - 4455 - 4456 - 4458 - 4465 a 4469 - 4472 - 4485 - 4494 - 4498 - 5676 a 5682 - 5690 - 5694 - 5700 a 5702 - 5709 - 5711 - 5714 - 5716 - 5717

Material Descrito: DGM 672 - 673 - 677 - 682 - 669 - 1006 - 1009 - Pb; GP/3E - 4448 - 4453 - 4455 - 4456 - 4458 - 4465 a 4468 - 4485 - 4494 - 5679 - 5681 - 5690.

Procedência: Sondagem 125 (Teresina), afloramento 1 (BR 316, Km 63) e afloramentos próximos (Fazenda Curral de Pedra); afloramento 2 (BR 230, Km 23); afloramento 3 (Salto de Pedra, Barra do Lança).

Diagnose Original: *Adiantites gothanica* Dolianiti, 1954

"Pínulas alternas, com contorno geral inversamente cuneiforme, profundamente divididas em 5 a 8 lobos, com terminação arredondada. Os lobos apresentam bordos subparalelos. Das duas nervuras que se apresentam na ráquis, uma única penetra em cada pínula, e sofre repetidas divisões sendo que duas nervuras bem evidentes e de igual intensidade são visíveis em cada divisão lobular, mas a partir do terço superior de cada lobo contam-se quatro nervuras que vão até à extremidade do lobo que é arredondado. Pequenos nérvulos partem das nervuras principais e dividindo-se uma e raramente duas vezes atingem o bordo de cada lobo ou se unem à nervura imediata. Esses nérvulos fazem um ângulo bem aberto, cerca de 70° com a nervura principal, e são tão próximos um dos outros que formam uma verdadeira rede. As pínulas são pecioladas" Dolianiti (1954, p. 15 e 16).

Diagnose emendada para nova combinação

Frondes tri- a quadripinadas?, de ráquis principal bifurcada e geniculada. Ráquis primária, secundária e terciária levemente curvas e flexuosas, portando, de forma alterna e em planos ligeiramente diferentes, pinas e pínulas, sempre inseridas em ângulos agudos. Pínulas profundamente lobadas em segmentos estreitos, deltoide-alongados a lanceolados, de ápices arredondados, inteiros, incisos ou desigualmente bilobulados; as pínulas mais basais palmado-alongadas e, pelo menos, pentalobadas, passando, gradualmente, nas porções distais da pina, a pínulas simples unilobadas. Venação pouco distinta, duas nervuras por divisão lobular, as quais, por sua vez, podem dividir-se distalmente.

Descrição

Impressões de fragmentos de frondes bi e tripinadas que chegam a medir mais de 78 mm de comprimento por mais de 51,7 mm de largura. Ráquis principal dicotômica no ápice (cerca de 80°), geniculada, robusta, larga, com finas estrias longitudinalmente,

com 12,0 mm de largura, na base e mais de 12,0 mm de comprimento (FIG 26, EST. 1 e 2).

Ráquis primária robusta, curta, com cerca de 48,0 mm de comprimento por 8,0 mm de largura, dicotômica no ápice. Cada uma dá origem a duas ráquis secundárias de calibre desigual, sendo a menor a de posição externa (FIG. 26, EST. 1 e 2).

Ráquis secundárias robustas, rígidas, levemente sinuosas, percorridas por um único feixe de vasos relativamente largo, e variando gradualmente, em largura, na base, de 6,0 mm, a maior (interna), e 4,7 mm, a menor (externa), até 1,9 mm, nas porções mais apicais da fronde (FIGS. 26 e 27; EST. 1 e 2).

Ráquis terciárias inseridas de forma alterna em ângulos agudos e levemente decorrentes; robustas, rígidas, ligeiramente curvas e variando de 2,2 a 0,8 mm de largura ao longo do seu comprimento, o qual excede a 36,6 mm (FIGS. 26 e 27; EST. 1 e 2).

Ráquis quaternárias rígidas, sinuosas, ligeiramente curvas, percorridas por um único vaso, variando de 0,8 a 1,3 mm de largura na base (média de 1,0 mm). Pinas de última ordem curtas, alongadas, imparipinadas, alternas, inseridas em ângulos agudos, chegando a atingir mais de 39,3 mm de comprimento por mais de 21,9 mm de largura (FIGS. 26 e 27; EST. 1 e 2).

Pínulas alternas, de arranjo catadrômico, inseridas em ângulos agudos e em planos ligeiramente distintos daquele da ráquis, levemente coriáceas, decorrentes, de base estreita e rígida, profundamente lobadas e limbo reduzido, atingindo, no máximo 9,1 mm de largura por 15,4 mm de comprimento. As pínulas variam quanto ao tamanho, número de lobos e forma ao longo da pina (e possivelmente da fronde), sendo as mais proximais maiores, no máximo heptalobadas e palmado-alongadas, passando da posição média em diante a pínulas menores, trilobadas e cuneiformes, até chegar às simples e lanceoladas do ápice. (FIGS. 26 e 27; EST. 1 e 2).

Lobos estreitos, rígidos, de limbo côncavo-convexo, variando de deltoide-alongados a lanceolados, de ápices sempre arredondados, inteiros, incisos ou desigualmente bilobulados, com largura e comprimento máximos, respectivamente, de 3,0 e 6,8 mm.

FIG. 26. *Diplothemema gothanica*.

Observar: 1 - a inserção em ângulo agudo das ráquis secundárias (a, g); 2 - as pínulas alongadas (a), com limbo profundamente inciso (a, d, e, f, g), de lobos em geral bilobados (a, d, e, f, g) e venação dicotômica, isotômica e que possui duas, por vezes, quatro veias por lóbulo ou segmento terminal (b, c); 3 - ráquis robustas (e, f), sendo a principal dicotomizada por duas vezes consecutivas (h); 3 - pínula catadrômica basal mais desenvolvida (g - seta). (a - DGM 669 - Pb; b - DGM 1002 - Pb; c - DGM 1009 - Pb; d - g - GP/3E - 4453; e - GP/3E - 4467; f - GP/3E - 4453; h - GP/3E - 4485; a, b, c - modificado de Dolianiti, 1954).
Escala - b) e c) = 5 mm; todos os demais = 1 cm.

FIGURA 26

FIG. 27. *Diplothemema gothanica*.

Comparações com *D. bodenbenderi* (d, h) e com algumas espécies européias de *Diplothemema* (i, j):

Notar que *D. gothanica* (e, f, g) diferencia-se de *D. bodenbenderi* (d, h) por apresentar: 1 - as ráquis inseridas em ângulos agudos (e, f - setas maiores), as de *D. bodendenderi* inserem-se em ângulos retos (d); 2 - pínulas alongadas (g, e, f), nunca palmadas como as de *D. bodenbenderi* (d - setas menores), de lobos simples ou perfeitamente bilobados (g), nunca emarginados ou truncados como os de *D. bodenbenderi* (d, h - setas menores); 3 - ráquis flexuosas (e) mas sem realizarem o "zig-zag" característico de *D. bodenbenderi* (d - setas maiores). Todas as características citadas acima aproximam *D. gothanica* de algumas espécies européias com pínulas de limbos dissecados (*D. seminiferum* - i, e *D. furcatum* - j). A reconstrução tentativa da fronde de *D. gothanica* (b) demonstra que sua arquitetura é mais compatível com a das formas de *Diplothemema* (a) do que com a das formas de *Mariopteris* (c), devido a sua primitividade. (a - reconstrução da fronde; b - reproduzido de Seward, 1969; c - reproduzido de Stopa, 1957; d, h - reproduzidos de Césari, 1987; e - DGM 682 - Pb; f - DGM 673- Pb; g - reconstrução de uma pínula basal de *D. gothanica*; i, j - reproduzidos de Daber, 1959).

Escalas - todos = 1 cm.

FIGURA 27

Lóbulos afilados a lanceolados, com largura máxima de 1,3 mm e comprimento máximo de 4,2 mm (FIGS. 26 e 27; EST. 1 e 2).

Venação dicotômica, isotômica, derivada de uma única veia basal que se bifurca tanto quanto for o número de lobos, e que sofre uma nova bifurcação antes de penetrar nos lobos, de tal modo que são distintas duas veias por segmento terminal (lobo ou lóbulos), as quais, por vezes, podem distalmente bifurcar-se mais uma vez (FIGS. 26 e 27; EST. 1).

7.2.2. Discussão e comparações

A espécie aqui estudada foi descrita, inicialmente, por Oliveira (1935) como *Sphenopteris furcata* Brongniart. Entretanto, o próprio Oliveira já havia assinalado diferenças entre a forma por ele descrita, principalmente, quanto ao ápice obtuso das pínulas, e a espécie de Brongniart, de ápices agudos. Dolianiti (1954) reclassificou esta forma como *Adiantites gothanica*, seguindo a orientação de Gothan, através de uma carta. Nesta, Gothan opinou que a forma de Dolianiti pertenceria ao gênero *Adiantites* devido às suas pínulas terminais truncadas, inversamente cuneiformes e com várias nervuras. Acrescentou que ela estaria relacionada a formas de *Adiantites* com pínulas ou folhas estreitas, pouco comuns dentro deste gênero. Gothan aconselhou que não se criasse uma nova espécie, classificando-a como *Adiantites* cf. *paracasicus*, dada a estreita semelhança desta forma com a descrita por ele, em 1928 (*Sphenopteris paracasica*), para a Península de Paracas, no Peru. Aparentemente, ele propôs uma sinonímia de ambas as formas. No entanto, Dolianiti fundamentou a criação de uma nova espécie na existência de finas nervuras ou nérvulos entre as nervuras dos lobos (est. II, Fig. 3 op cit.). Estes nérvulos não teriam sido observados por Gothan, por não ocorrerem na contra impressão do espécime enviado a ele.

Rigby (1969) concordou com as observações de Gothan e considerou que a ausência de nérvulos no material de Paracas estudado por Gothan (1928) poderia ser apenas ocasional e não significativa. Assim sendo, colocou *A. gothanica* em sinonímia com *S. paracasica* Gothan. A descrição de Dolianiti seria apenas uma

emenda à descrição original de Gothan para estas formas. Entretanto, estabeleceu uma nova combinação para estas formas, *Adiantites paracasica*, a qual polidamente atribuiu a Gothan (op. cit. p. 395 e 396). Sob este mesmo epíteto colocou também formas afins descritas por Kurtz (1921), Berry (1922), Seward (1922), Steinmann (1929) e Read (1938) para Argentina e Peru, a saber: *Sphenopteris bodenbenderi*, *Palmatopteris furcata*, *Sphenopteris* sp e *S. paracasica*. Em 1987, Césari ao rever as amostras inicialmente colecionadas e descritas por Kurtz (1921) como *Sphenopteris bodenbenderi*, e por Frenguelli (1954) como *Charnelia dichotoma*, estabeleceu para estas a nova combinação de *Diplothmema bodenbenderi*, e estendeu esta denominação para todas as demais formas anteriormente sinonimizadas por Rigby (1969) como *A. paracasica*. Com isso, *A. gothanica* passou a *D. bodenbenderi*. Isso será discutido posteriormente.

Considerações sobre o gênero *Diplothmema* Stur, 1877

O trabalho de White (1943) inclui uma importante revisão da história do gênero. A partir desta revisão, White (op. cit.) sugere que se deve manter o nome *Diplothmema* não só às espécies com pínulas arredondadas já anteriormente colocadas neste gênero por Zeiller (1886)*, mas também a outras espécies com pínulas arredondadas e frondes bipartidamente divididas, mas não distintamente quadripinadas ou claramente referíveis a diagnose original do gênero *Mariopteris* (Zeiller, 1879 apud White, 1943). Entretanto, o que se torna nítido diante da retrospectiva feita por White (1943) e na análises dos trabalhos de outros pesquisadores (Arnold, 1947; Stopa, 1957; Andrews, 1961; Seward, 1969) é que *Diplothmema*, *Mariopteris* e *Palmatopteris* são formas similares quanto as suas feições arquitetônicas da fronde, formando assim um "complexo" de formas que possuem intergradações,

*Zeiller em sua revisão reteve o nome *Diplothmema* para aquelas formas com pínulas arredondadas, nas quais as duas divisões primárias da fronde são dificilmente ou muito indistintamente bifurcadas. *D. zeilleri* seria, segundo ele, a espécie que demonstraria as pínulas (do tipo esfenopteróide lasciniado) e as divisões da ráquis mais típicas do gênero, como estabelecido originalmente por Stur (apud White, 1943).

o que dificulta a delimitação dos gêneros.

Césari (1987 op. cit) ao discorrer recentemente sobre gênero *Diplothemema* conclui que: 1) este gênero possui uma estrutura de fronde várias vezes dicotômica, o que é uma característica comum também aos gêneros *Palmatopteris*, *Tetratmema* e *Mariopteris*; 2) ao contrário do que propôs White (1943) ao ampliar o gênero para formas com pínulas largas e inteiras, *Diplothemema* deve restringir-se àquelas frondes que possuam pínulas estreitas e mais ou menos cuneadas como as que caracterizam a espécie-tipo. A maioria dos pesquisadores clássicos (Andrews, 1961; Seward, 1969; Arnold, 1947; Boureau e Doubinger, 1975), ao que parece, adotam o segundo critério expressado por Césari para caracterizar as formas colocadas neste gênero.

Mariopteris diferencia-se basicamente por ter pínulas amplas, unidas na base e com nervação do tipo próximo ao pectopteróide; já *Palmatopteris*, apesar de possuir, em geral, pínulas dissecadas e de limbo reduzido, apresenta as porções terminais das pínulas pontiagudas e uninervadas, nunca arredondadas. Além disso, ambas as formas distinguem-se por serem nitidamente quadripinadas.

Assim, o nome *Diplothemema*, no seu uso mais corrente, tem sido utilizado para espécimes com as seguintes características: a) pínulas dissecadas (ou lacinadas), de limbo reduzido, e com venação do tipo esfenopteróide; b) ráquis principal desnudo e dicotomizado em dois ramos iguais os quais, por sua vez, podem dicotomizar-se novamente em ramos tão desiguais que não formam como em *Mariopteris* e *Palmatopteris*, uma fronde nitidamente quadripinada (FIG. 27); c) ráquis de 3a e 4a ordens inseridas em ângulos próximos ou exatamente a 90°.

Comparando a forma aqui estudada à espécie-tipo do gênero, *Diplothemema patentissima* (Ettingshausen) Stur (1877), descrita em Boureau e Doubinger (1975), nota-se como diferenças fundamentais que entre os espécimes aqui estudados não ocorrem pínulas com suas porções mais terminais apenas uninervadas, sendo estas, no mínimo, binervadas, e não se constata, de forma nítida,

um desenvolvimento acentuado dos segmentos catadrômicos de todas as ordens na fronde.

O primeiro caráter, no entanto, não parece ser por demais excludente, pois outras espécies descritas por Boureau e Doubinger (1975) para o gênero *Diplothemna*, tais como *D. arnoldi* e *D. palmatopteroides* possuem mais de uma nervura por lobo ou lóbulo da pínula. Quanto ao segundo, não pode ser nitidamente constatado entre esses espécimes devido ao estado fragmentário dos mesmos. A catadromia insinua-se em um único espécime (GP/3E - 4453) que apresenta conservação da porção mais basal da fronde (FIG. 26; EST. 2). Além disso, podemos observar a partir dos espécimes descritos por White (1943) que este caráter pode variar ao longo da fronde, inexistindo muitas vezes na porção médio-distal da mesma. Em *D. bodenbenderi* (Césari, 1987), forma próxima a aqui estudada, também não se nota este último caráter de modo acentuado.

Por fim, analisando-se o gênero *Diplothemna* e reconhecendo pelo menos 3 características básicas inerentes a ele (referendadas acima), pode-se agora fazer uma rápida análise das formas sul-americanas que lhe são atribuídas. *D. bodenbenderi* Césari (1987) encaixa-se muito bem nas características aqui ressaltadas. Possui, além disso, como pode ser notado no trabalho de Césari (1987, figs. 5 e 7, lám. 1), as pínulas basais da pina (de última ordem) um pouco mais desenvolvidas e algo reflexas, sugerindo assim uma nova bipartição como ocorre nas pinas (secundárias) das formas de *Diplothemna* do Pensilvaniano dos E.U.A. (White, 1943). Quanto a *D. gothanica*, ela apenas não estaria de acordo com item c) por não possuir ráquis de terceira e quarta ordens inseridas em ângulos retos, mas sim agudos (também). Este fato, aliado a estruturação da fronde e ao tipo das pínulas, sugere fortemente uma certa primitividade dessa forma com relação as do grupo das *Diplothemna* - *Mariopteris* - *Palmatopteris* (D-M-P), o que será discutido no item 7.2.3. A falta daquele caráter em *D. gothanica* é bastante distintivo, pois este é uma feição comum às formas do grupo das D-M-P. Entretanto, isto não chega a representar um fato que possa sugerir a criação de um novo táxon

em nível genérico, pois: a) existe pelo menos mais uma forma que não apresenta a inserção das ráquis em ângulos retos, *Palmatopteris sarano* Guthörl, 1951 (segundo Boureau e Doubinger, 1975); b) as demais características dessa espécie permitem vinculá-la ao grupo das D-M-P, mesmo que esta forma viesse a representar um novo táxon em nível genérico.

Comparações em nível específico

Em nível específico, deve-se salientar as diferenças morfológicas que distinguem *D. gothanica*: a) inserção das ráquis de terceira e quarta ordens (?), e das pínulas em ângulos sempre agudos, nunca retos (FIGS. 26 e 27; EST. 1 e 2); b) pínulas alongadas no sentido base-ápice, nunca suborbiculares; c) pínulas lobadas em segmentos de ápices sempre arredondados, inteiros, ligeiramente incisos ou desigualmente bilobulados em terminações afiladas, nunca emarginados (FIGS 26 e 27; EST.1); d) inserção das ráquis de segunda(?), terceira e quarta ordens, e das pínulas em planos ligeiramente diferentes, dando à fronde uma certa estruturação tridimensional (formando assim uma pseudo-fronde) (FIG. 26; EST. 2). Acredita-se que a inserção, em ângulos agudos, das ráquis de várias ordens seja por si só um caráter distintivo em nível específico. Com isto, mantém-se válida a espécie descrita por Dolianiti, distinguindo-a de *D. bodenbenderi*. Por outro lado, frente ao exposto acima considera-se válida a denominação genérica sugerida por Césari (1987) para essa forma. Portanto, propõe-se aqui uma nova combinação, *Diplothemema gothanica*, para a forma inicialmente descrita por Dolianiti como *Adiantites gothanica*.

As formas também descritas por Dolianiti (1954) como *A. santosi* e *A. oliveiranus* são aqui incluídas por que estas representam, na verdade, apenas variações intra-específicas ou diferentes porções de uma mesma fronde (variações individuais). Tais espécimes representam uns poucos restos de pinas de última ordem bastante incompletos, os quais não permitiram uma diferenciação em nível específico, no máximo, em nível intra-específico (EST. 1). Deve-se lembrar que White (1943) e diversos outros autores (citados por ele) ressaltam o alto grau de

polimorfismo existente ao longo de uma mesma fronde de *Diplothemema*. Este caráter dificultaria, (conforme White, 1943 op. cit.), o estabelecimento de entidades taxonômicas a partir de pequenos fragmentos. Tendo em vista isto, sabendo que essa forma está baseada em uns poucos espécimes mais completos e que não ocorre nenhuma porção de fronde completa o suficiente para que se observe a variação morfológica existente ao longo de um indivíduo, prefere-se manter todas formas descritas por Dolianiti dentro de uma única espécie, até que estudos futuros confirmem ou não a vinculação de tais restos. A partir do exposto, amplia-se a diagnose específica original de Dolianiti (1954).

Por último, deve-se comunicar que figuras de espécimes procedentes de flora de Paracas, Peru, bastante fragmentados mas muito semelhantes aos de *D. gothanica* foram observadas pelo Autor. São os únicos até agora registrados em outra flora que poderiam guardar identidade em nível específico com *D. gothanica*.

7.2.3. Possíveis Relações Evolutivas no Grupo dos *Diplothemema*, *Mariopteris* e *Palmatopteris*

A inter-relação entre *Diplothemema*, *Mariopteris* e *Palmatopteris* é algo patente na própria história do surgimento destes gêneros. *Diplothemema* foi o primeiro dentre os três a ser criado, por Stur (1877) apud White, 1943. A partir de algumas espécies e/ou espécimes que compunham o gênero *Diplothemema*, alguns autores posteriormente, criaram outros gêneros, dentre eles *Mariopteris* (Zeiller, 1886) e *Palmatopteris* (Potonié, 1893 apud White, 1943). A partir deste ponto, a determinação das formas que pertenceriam cada um destes três taxons tornou-se confusa. Vários autores (Arnold, 1947; Stopa, 1957; Andrews, 1961; Seward, 1969, dentro outros) têm procurado selecionar caracteres que diferenciem totalmente as formas desses três gêneros entre si, porém, sem chegarem a um consenso. Isto porque existiria uma intergradação de caracteres morfológicos de um gênero para outro (White, 1943), como já salientado aqui. Portanto, o mais sensato é que as formas incluídas nestes três gêneros devam ser tratadas como um grupo de

frondes fileticamente relacionadas, onde poderiam ocorrer formas intermediárias entre as formas de um gênero e de outro.

O morfo-tipo *Diplothemema* parece ter sido o tipo ancestral dos outros dois gêneros, tanto por seu posicionamento estratigráfico mais baixo quanto por suas pínulas, em geral, bastante dissecadas e de limbo pouco desenvolvido. No entanto, existem dois tipos pinulares nítidos dentre as formas colocadas no morfo-gênero *Diplothemema*: a) o de pínulas mais semelhantes às das formas incluídas em *Rhodea*, ou seja, com lobos ou segmentos terminais uninervados e de ápice agudo (FIG. 28); b) outro onde os segmentos terminais das pínulas são percorridos por mais de uma veia (em geral duas) e possuem os ápices arredondados (FIG. 28). Algumas formas com pínulas do primeiro tipo poderiam ter dado origem às formas do gênero *Palmatopteris*, outras, com pínulas do segundo tipo, às formas do gênero *Mariopteris*. O processo de diferenciação a partir de *Diplothemema* teria envolvido: a) o simples encurtamento (redução) da ráquis primária (ou principal) e das porções proximais das ráquis secundárias (ou primária); b) o maior desenvolvimento das ráquis terciárias basais (ou secundárias externas); c) o desenvolvimento do limbo (pelo processo de "Webbing" ou singênese) com progressivo aumento da irrigação do mesmo (FIG. 28).

FIG. 28 - A - observar os dois diferentes grupos de *Diplazium* que poderiam ter evoluído independentemente originando dois tipos de folhagens, *Palmaria* e *Martia*. - B - procura-se demonstrar como o padrão de nervação de formas primitivas como *D. gothanica* aproxima-se ao encontrado em formas mais evoluídas, tais como *Lyginopteris* e *Martia*. A simples singenese do limbo em *D. gothanica* poderia gerar tipos morfológicos semelhantes aos das referidas formas de folhagens.

7.3. *Adiantites* sp

7.3.1. Sinonímia. diagnose e descrição

Classe: Pteridospermopsida?

Ordem: Pteridospermales?

Gênero: *Adiantites* (Göppert) Kidston, 1923

Adiantites sp

(figs. 29 e 30; est. 2)

Sinonímia:

1935 <i>Sphenopteris obtusiloba</i>	Brongniart; Oliveira,
estamp. III, fig.3
1954 <i>Adiantites alvaro-albertoi</i> .	Dolianiti, est. VI, p.
1969 <i>Triphylopteris alvaro-albertoi</i> (Dolianiti) Rigby, p. 395 e 409	
1986 <i>Eusphenopteris sanjuanina</i>	(Kurtz) Césari; Césari, p. 120 a 122

Material Estudado: DGM 669 - 1010 - 1020 a 1023 - 1910 - 1911 - 1913 - 1914 - Pb.

Material Descrito: DGM 669 - 1010 - 1020 a 1023 - 1910 - 1911 - 1913 - 1914 - Pb.

Procedência: Sondagem 125 (Teresina) e localidade do afloramento 1 (Fazenda Curral de Pedra)

Diagnose Original de *Adiantites alvaro-albertoi*

"Pínulas aparentemente alternas, cuneiformes a arredondadas. As pínulas terminais são geralmente lobadas, apresentando-se com 2 ou 3 lobos. Não existe propriamente um pecíolo mas antes uma base contraída da pínula que se prende diretamente à raquis.

As nervuras se irradiam de uma única nervura basal que entra pelo pecíolo, e subdivide 5 e 6 vezes, e disposta em forma de leque. Todas as nervuras são de igual intensidade. Não se

observam nervulos nesta espécie." Dolianiti (1954, p. 22).

Descrição

Fragmentos de ráquis principal que chegam a medir mais de 45,8 mm de comprimento por até 3,6 mm de largura, levemente sinuosos, com um único sulco (ou elevação) mediana estreita, suportando de maneira alterna ráquis secundárias delgadas, aparentemente rígidas e uninervadas que variam de 0,6 a 0,9 mm de largura (EST. 2) (VER OBSERVAÇÕES). Ráquis terciárias alternas, delgadas, frouxas, uninervadas, variando de 0,5 a 0,6 mm de largura, portando pinas imparipinadas (FIG. 29; EST. 2).

Pínulas inseridas de forma alterna, cuneiformes a obovadas, de base bastante constricta, margens laterais retas, com ápices arredondados a semi-truncados, inteiros ou, por vezes, sublobados a lobados, variando de 2,5 a 8,6 mm de largura por 7,0 a 10,8 mm de comprimento. Lobos idênticos às pínulas simples (FIG. 29; EST. 2).

Venação grossa, bem marcada, dicotômica, isotômica, derivada de uma única veia basal que se bifurca de 4 a 5 vezes; as veias atingem, em geral, apenas a margem distal da pínula. Limbo aparentemente delgado (FIG. 29).

Observações

1 - As ráquis principais assinaladas não se encontram atadas a nenhuma ráquis secundária. Entretanto, existem argumentos a favor de uma possível conexão: a) as ráquis "principais" são encontradas junto aos demais restos (pínulas e ráquis) de *A.alvaro-albertoi* em um nível de onde provieram todos os exemplares aqui estudados (exceto o espécime 669, encontrado na Sondagem 125) e que até hoje forneceu apenas restos desta espécie; b) estas ráquis "principais" diferem em termos de morfologia e de proporções métricas das de *A.gothanica*, que são as únicas comparáveis presentes na flora da Formação Poti; c) uma destas ráquis apresenta um pequeno apêndice lateral que pode ser facilmente interpretado como a base de uma ráquis secundária e

FIG. 29. *Adiantites* sp.

Comparação com *Eusphenopteris sanjuanina* (a, b, f) e *Adiantites antiquus* (h):

Adiantites sp diferencia-se de *E. sanjuanina* por apresentar: 1 - bases de inserção das pínulas sempre estreitas (c, d, e, g), nunca largas (a, f); 2 - pínulas sempre cuneiformes, alongadas e de ápices semi-truncados (c, d, g), em *E. sanjuanina* as pínulas tendem a serem arredondadas (a, f - setas menores); 3 - pínulas inseridas em talos frouxos e esguios (e, g), nunca rígidos e robustos como em *E. sanjuanina* (a, f - setas maiores); 4 - venação pinular praticamente reta atingindo as margens apenas na porção distal (c, d, g), em *E. sanjuanina*, geralmente, a venação é curva atingindo a margem pinular em porções mais basais (b). As características apresentadas acima aproximam *Adiantites* sp. de algumas espécies euro-americanas de *Adiantites* (por ex. *A. antiquus* - h). (a - BAFC 13732 - Pb; b - BAFC - Pb 13730; c - DGM 1010 - Pb; d - DGM 1023 - Pb; e - DGM 1923 - Pb; f - LPPB 3908; g - DGM 1914 - Pb; h - reproduzido de Kidston, 1923).

Escalas - a), c), d), f), g), h) = 1 cm; b), e) = 5mm.

FIGURA 29

cuja largura (0,6 mm) é compatível com a das demais ráquis secundárias assinaladas para os outros espécimes (EST. 2).

2 - Ao redescrever *A.alvaro-albertoi* optou-se, a partir do estado muito fragmentário dos espécimes, por denominar como "pínula" cada segmento terminal independente e expandido em um limbo irrigado (VER FIG. 30). Na literatura existe uma certa dificuldade em precisar o limite entre o que são pínulas e o que são lobos de pínulas nessas formas do tipo *Adiantites*. Tomando-se como exemplo o holótipo de *A.alvaro-albertoi* (FIG. 30) nota-se que, para alguns autores, este espécime poderia ser interpretado como uma única pínula de 3 lobos enquanto que, para outros, poderia representar 3 pínulas simples e alternas. Dado o estado fragmentário dos espécimes, que impede de vislumbrar as relações existentes entre as ráquis de última e penúltima ordens e entre as pínulas e os pecíolos, fica claro que o mais prudente é manter a segunda interpretação como a opção por hora mais correta (VER FIG. 30).

7.3.2. Discussão e Comparações

Esta forma foi, inicialmente, registrada por Oliveira (1935) como *Sphenopteris obtusiloba* Brongniart com base em um único exemplar encontrado nos testemunhos de Sondagem nº 125 (Paiva e Miranda, 1937). Posteriormente, Dolianiti (1954) reclassificou este exemplar e outros similares provenientes da localidade do Curral de Pedra, Distrito de Natal (atual Município de Monsenhor Gil), sob o novo epíteto de *Adiantites alvaro-albertoi* nov. esp., após compará-los a várias espécies européias de *Adiantites* e *Cardiopteridium*. Rigby (1969), baseando-se num critério, bastante artificial por ele estabelecido (VER ITEM 6.), erigiu uma nova combinação genérica para *Adiantites alvaro-albertoi* passando esta a denominar-se *Triphyllopteris alvaro-albertoi*. (VER FIG. 25). Naquela oportunidade, Rigby (op.cit.) assinalou uma possível identidade desta espécie com *Sphenopteris sanjuanina*, descrita por Kurtz (1921) para a Argentina. Provavelmente, com base nisto e nas próprias observações, Césari (1986) ao reavaliar as formas descritas como *S.sanjuanina* Kurtz

FIG. 30. *Adiantites* sp. Em A observam-se a partir do espécime DGM 1010 - Pb (antigo holótipo) duas interpretações possíveis do esquema pinular - opções 1 e 2. Em B pode-se verificar os três possíveis estágios de desenvolvimento (1, 2 e 3) da ráquis de *Adiantites* sp., os quais são, em parte exemplificados por certos espécimes (DGM 1010, 1020 e 1914 - Pb). Uma vez que não se pode ter certeza de que um desenvolvimento da ráquis de última ordem ocorra em *Adiantites* sp como o registrado para outras formas de *Adiantites* (estágio 3), optamos por denominar o "talo" terminal de *Adiantites* sp. de ráquis terciária, em detrimento de descrevê-lo como "longo peciolo". Portanto, escolhemos a opção 2 para a interpretar os espécimes descritos neste trabalho.

coloca *A.alvaro albertoi* na sinonímia, passando ambas a designarem-se *Eusphenopteris sanjuanina* (Kurtz) nov.comb. Entretanto, Césari (op.cit.) salienta que, apesar da estreita semelhança entre as pínulas de *A.alvaro-albertoi* e *S.sanjuanina*, e destas corresponderem a descrição das pínulas de *Eusphenopteris* feitas por Van Ameron, os exemplares de *A.alvaro-albertoi* são de difícil designação específica, por se tratarem apenas de pínulas destacadas.

Porém, em revisão recente do material originalmente descrito por Dolianiti (1954), encontrou-se entre as amostras não descritas, existentes na coleção do DNPM, um espécime em particular que, por apresentar-se um pouco mais completo do que os demais até hoje descritos, possibilita retomar a discussão sobre a classificação destas formas. O espécime em questão (FIG. 29; EST. 2) apresenta uma ráquis de penúltima ordem delgada e aparentemente mais rígida sobre a qual se insere uma outra também delgada, porém mais fina e flexível, que sustenta de maneira alterna, em sua porção apical, 3 pínulas espatuladas idênticas às pínulas já descritas anteriormente para *A.alvaro-albertoi*. Além deste, outros espécimes inéditos também demonstram possuir uma ráquis flexível na qual inserem-se as pínulas (FIG. 29; EST. 2). Esta estruturação da fronde é típica do morfo-gênero *Adiantites* (Goeppert) Kidston, 1923.

A presença de um talo de última ordem delgado e flexível é sempre salientada entre as diagnoses de *Adiantites* consultadas, seja como um longo pecíolo (Archangelsky, 1970), seja como uma ráquis delgada e esguia (Andrews, 1961). Esta característica por si só distingue o gênero *Adiantites* de formas similares como *Aneimites* e *Triphylopteris* (de pínulas inteiras) nas quais as pínulas possuem um curto pecíolo e encontram-se inseridas em ráquis rígidas, nunca flexíveis ou tão delgadas. Existe na literatura uma vasta discussão sobre a validade do nome *Adiantites* (VER White, 1904; e Seward, 1969). Isto porque, várias das formas que foram incluídas neste gênero poderiam, ser transferidas para outros gêneros afins. No entanto, dentre aquelas formas que se considera aqui típicas do gênero *Adiantites*, pode-se

constatar através da literatura que: a) elas possuem ráquis de diversas ordens finas, delicadas e, por, vezes flexível, b) apresentam uma ráquis principal bifurcada na base, de modo semelhante aquele de *Sphenopteridium*. Estes parecem ser os caracteres essenciais para diferenciar *Adiantites* de outros gêneros com pínulas similares, como *Eusphenopteris* e *Triphylopteris*, e, especialmente, *Aneimites* (Walton, 1931; Seward, 1969).

Portanto, a estruturação da fronde seria imprescindível para a separação de *Adiantites* dos demais morfo-gêneros. Porém, de *Eusphenopteris*, pode-se ainda distinguir *Adiantites*, por apresentar: a) pínulas (principalmente, aquelas dos segmentos terminais) em geral, mais cuneiformes, alongadas, pouco espatuladas, de margens laterais tendendo a serem retas, e com ápices, por vezes, semi-truncado a truncados; b) bases pinulares relativamente muito estreitas, lembrando as das folhagens do gênero atual *Adiantum*; c) veias que, em sua grande maioria, atingem a margem apenas na porção distal das pínulas, ao contrário do que ocorre em *Eusphenopteris*, onde a venação começa a alcançar a margem já na porção médio-basal da pínula (VER FIG. 29).

Ao que parece, a única possibilidade para a classificação da forma ora estudada é o morfo-gênero *Adiantites*. Em termos específicos, encontra-se, na literatura consultada, algumas espécies semelhantes. As pínulas de *A.alvaro-albertoi* assemelham-se muito as de *Adiantites? devonica* Frenguelli, 1954 (Lâm X) e as de *A.ungeri* Read, 1955 (pl. 2, figs. 4 à 8), provenientes, respectivamente, da província de San Juan na Argentina e de Pottsville, PA., nos U.S.A. No entanto, as pínulas de *A.alvaro-albertoi* são bem menores. Além disso, não existe uma possibilidade real de se averiguar a identidade em nível genérico daquelas espécies, pois ambas foram descritas com base em pínulas soltas; apesar de Césari (1986), recentemente, ter transferido os espécimes argentinos para o gênero *Eusphenopteris*. É prudente aguardar o encontro de espécimes mais completos antes de sugerir quaisquer sinonímias. Uma outra espécie comparável,

principalmente quanto a forma das pínulas e ao padrão de venação, foi *A. antiquus* (Ettingshausen) Kidston (1923), conforme Walton, 1931; Andrews, 1961; e Seward, 1969. Mas, segundo ilustrações de Seward, 1969, as pínulas de *A. alvaro-albertoi* são menores tendo, praticamente, metade do tamanho das de *A. antiquus*. Ainda as pínulas de *A. alvaro-albertoi* apresentam sempre ápices mais arredondados, nunca tão truncados como os de algumas das pínulas de *A. antiquus*. Também não se observou, entre os espécimes de *A. alvaro-albertoi*, pínulas rômbricas a losangulares como aquelas encontradas nos ápices das pinas de *A. antiquus*. A existência de tais tipos pinulares contudo, só poderia vir a ser confirmada com a obtenção de espécimes mais completos de *A. alvaro-albertoi*. Além disso, *A. antiquus* é uma forma de fronde quadripinada e de ráquis primária (ou principal) bifurcada na base. Por isso, apesar de semelhança, essa forma é mantida distinta de *A. antiquus*.

Tendo em vista o estado fragmentário do material e, por conseguinte, a ausência de caracteres diagnósticos mais acurados, manteve-se os espécimes de Dolianiti (1954) classificados apenas em nível genérico, até que novos espécimes mais completos de "*A. alvaro-albertoi*" possam ser encontrados para garantir uma identificação segura.

7.4. *Paulophyton sommeri*

7.4.1. Sinonímia, diagnoses e descrição

Incertae Sedis

Gênero: *Paulophyton* Dolianiti, emend. Leguizamón e Archangelsky, 1981

Espécie-tipo: *Paulophyton sommeri* Dolianiti, 1954, nov. emend. (figs. 31 a 35; est. 3 e 4)

Sinonímia:

1954 *Paulophyton sommeri* Dolianiti, est. X e XI (fig. 1 e 2)

1954 *Rhodea* sp. Dolianiti, est. XII e XIII

Material Estudado: DGM 670 - 672 - 1002 - 1006 - 1007 - 1014 a 1016 - 1045 - 1918 e 1921 - Pb; GP/3E - 185 a 187 - 4436 - 4449 a 4452 - 4457 - 4460 a 4464 - 4469 a 4471 - 4473 - 4474 - 4483 - 4484 - 4486 a 4490 - 4493 - 4495 a 4498 - 4500

Material Descrito: DGM 670 - 672 - 1002 - 1006 - 1014 - 1918 e 1921 - Pb.; GP/3E - 185 a 187 - 4449 - 4450 - 4457 - 4460 a 4464 - 4469 a 4471 - 4473 - 4474 - 4483 - 4484 - 4486 - 4489 - 4493.

Procedência: Sondagem 125 (Teresina), afloramento 1 (BR 316, Km 63) e afloramentos próximos (Fazenda Curral de Pedra)

Diagnose Original (Gênero e Espécie)

"Esporângios terminais de forma globular e piriforme, dispostos isoladamente ou aos pares. Medem de 1 a 1,25 mm.

Estrutura externa da epiderme com células romboidais alongadas e bem definidas em todos os esporângios.

Em alguns desses órgãos nota-se uma crista longitudinal que não atinge a região apical do esporângio, e que pode ser interpretada como o aparelho de deiscência.

Os esporângios acham-se presos a hastes dicotômicas, muito delgadas, medindo de 0,25 a 0,50 mm e que são percorridas por uma nervura mediana muito fina". Dolianiti (1954, p. 29 e 30).

Diagnose Genérica Emendada

"Planta herbácea composta por um eixo principal ou ráquis que sustenta ráquis de segunda ordem, as quais dicotomizam-se repetidas vezes formando sistemas tridimensionais. Esporângios terminais, piriformes, dispostos isoladamente ou em grupos, retos ou encurvados, com ou sem marca de deiscência, contendo esporos triletes lisos ou tenuamente ornamentados" (Traduzida de Leguizamón e Archangelisky, 1981, p.104)

Nova Diagnose Genérica Emendada

Vegetais áfilos, de pequeno porte, com eixos principais lisos ou estriados e pseudomonopodialmente ramificados. Eixos laterais dividindo-se repetidas vezes, dicotômica e pseudomonopodialmente, formando sistemas tridimensionais regulares. Talos terminais férteis, pouco dicotomizados, dispostos isoladamente ou em grupos sobre os eixos laterais, e suportando um pequeno número de esporângios. Esporângios apicais, de pequenas dimensões (em geral menores do que 1,0 mm), ovalados, sem mecanismo aparente de deiscência e contendo esporos triletes lisos ou levemente ornamentados.

Diagnose Específica Emendada

Planta ereta, com hábito pseudomonopodial, eixo principal de até 6,4 mm de largura, liso e suportando em ângulos agudos ramos secundários alternos aos pares, os quais dicotomizam-se pelo menos três vezes, sempre em ângulos agudos e em planos distintos, formando um arranjo tridimensional. Talos terminais alternos, dicotomizando-se pelo menos de 2 a 3 vezes, quando férteis suportando esporângios terminais eretos, dispostos aos pares, ovalados, com comprimento variando entre 0,8 e 1,2 mm e largura entre 0,5 e 0,9 mm.

Descrição

Planta herbácea, que pode chegar a mais de 134,0 mm de comprimento por mais de 46,3 mm de largura.

Eixo principal robusto, rígido, liso ou com uma única marca longitudinal mediana estreita, chegando a medir mais de 113,6 mm de comprimento por até 6,4 mm de largura na base, passando gradualmente, em direção ao ápice, a 0,6 mm ou menos (EST. 3 e 4).

Eixos secundários rígidos, alternos aos pares, inseridos em ângulos agudos e em planos distintos, dicotômicos no ápice, e variando de mais de 4,9 a 17,4 mm em comprimento e de 0,7 a 2,5 mm em largura na base. Os eixos secundários formam, com relação ao eixo principal, um arranjo pseudomonopodial tridimensional, mantendo com esse uma relação de proporção em torno de 3:1 a 2:1. (FIG. 31; EST. 3 e 4).

A partir da dicotomia dos eixos secundários surgem eixos terciários (relação 2:1,4 a 2:1) que variam em comprimento de mais de 3,2 a mais de 12 mm e em largura de 0,3 a 0,6 mm, estes dicotomizam-se pelo menos mais duas vezes em ângulos agudos e planos distintos, numa proporção constante de 1:1 (FIG. 31; EST. 3 e 4).

A partir dos eixos terciários ocorrem talos menores alternos (aos pares), inseridos em ângulos agudos e planos ligeiramente distintos, com largura entre 0,3 e 0,2 mm, que se dicotomizam pelo menos 2 ou 3 vezes, e que poderiam corresponder às pínulas "sensu lato" (FIG. 31, EST. 3 e 4).

Esporângios terminais, ovalados, dispostos aos pares, formando conjuntos de 4 a 8 esporângios e de comprimento entre 0,7 e 1,2 mm e largura entre 0,5 e 0,9 mm. Não há sinal aparente de deiscência. (FIGS. 31; EST. 3)

7.4.2. Discussão e Comparações

Dolianiti (1954) considerou que *Paulophyton* e *Kegelidium* poderiam representar formas do grupo das psilófitas que se continuaram no tempo, ocorrendo em estratos do Carbonífero Inferior, onde, em nível mundial, tais formas já estariam

FIG. 31. *Paulophyton somneri* e *Paulophyton* sp.1.

Comparação entre *P. somneri* (b, c, f, h, i,) e *P.sp. 1* (a, d, e, g):

1 - Ambas as formas apresentam eixos secundários alternos (a, b, h) os quais, se ramificam inicialmente de forma simpodial (a, b) e distalmente de forma alterna (b, c, g) terminando em delgados talos dicotômicos (c) que podem ou não sustentar pequenos esporângios ovalados apicais (b - seta, d - setas, f, g, i). 2 - Mas diferenciam-se quanto: ao tamanho dos esporângios (os de *P. somneri* são maiores - comparar d, e, g com f, i); a curvatura ou não dos talos de sustentação dos esporângios (em *P. somneri* eles são eretos - f, i - e em *P. sp.1* são recurvados - d, e, g - setas); e ao comprimento e espessura dos eixos laterais, principalmente o secundário (em *P. sp.1* eles são mais curtos e espessos - comparar a, g com b, f, i). (a - GP/3E - 5752; b - GP/3E - 4460; c - GP/3E - 4449, d - e - GP/3E - 5698; f - DGM 1002 - Pb; g - GP/3E - 5698; h - GP/3E - 4489, i - DGM 672 - Pb).

Escala - a), d), e), f), g), i) = 5 mm; b), c), h) = 1 cm.

FIGURA 31

extintas. Para ele, estas eram formas relictuais. Ao erigir o gênero *Paulophyton* afirmou: "Não podendo estabelecer comparações definitivas com esporângios encontrados no Carbonífero Inferior, e não querendo colocar neste período um gênero decididamente Devoniano,... preferimos estabelecer para as formas brasileiras um novo gênero..." (op.cit. pág. 29). Daí depreende-se o grau de similaridade existente entre *Paulophyton* e as formas devonianas. Leguizamón e Archangelsky (1981), ao emendarem a diagnose de *Paulophyton*, incluem estas formas na Classe Primofilices, grupo fileticamente relacionado às psilófitas. Salientam também a similaridade de *Paulophyton* com alguns representantes das ordens Protopteridales, Cladoxylales (ex: *Pseudosporochnus*) e Psilophytales (ex.: *Horneophyton*). Entretanto, a falta de material petrificado ou permineralizado, que permita o reconhecimento da estrutura anatômica, impede uma classificação sistemática mais precisa (op.cit. pág. 110).

Leguizamón e Archangelsky (1981) sugeriram que os exemplares dos gêneros *Kegelidium* e *Rhodea*, descritos por Dolianiti (1954), deveriam ser sinonimizados a *Paulophyton*. Com relação a *Kegelidium*, esta proposta não procede, conforme será discutido mais adiante (ITEM 7.6.). Quanto aos exemplares colocados em *Rhodea*, aqueles autores têm razão. O próprio Dolianiti (1954) já suspeitava que os espécimes designados como *Rhodea*, pudessem ser as "hastes" dos esporângios terminais de *Paulophyton*. Leguizamón e Archangelsky (1981) com base no material argentino de *Paulophyton*, não só incluem os espécimes de *Rhodea* como talos de *Paulophyton*, como também emendam o gênero ao descreverem as porções vegetativas do mesmo. A partir do material coletado por Rösler em 1978 (Rösler e Ciguel, 1985) e pelo Autor recentemente (Agosto/92) verificaram-se vários espécimes onde os esporângios do tipo de *Paulophyton* encontram-se nitidamente conectados a caules do tipo *Rhodea* "sensu" Dolianiti (1954). Salienta-se aqui que estes são os primeiros exemplares nos quais esta ligação caulinar pode ser francamente comprovada. Nos exemplares argentinos, os caules encontram-se lado a lado ou mesmo sobrepostos aos esporângios, sugerindo fortemente, por isto e

pelas características presentes nos próprios caules, uma conexão. Entretanto, não há espécimes que demonstrem claramente esta conexão (Leguizamon, comun.pess., 1992; e conforme observações nos espécimes de La Plata feitas pelo Autor).

A partir da identificação das porções vegetativas de *Paulophyton*, tornou-se patente a grande similaridade existente entre estas formas e as incluídas na ordem Trimerophytales ("sensu" Kasper et al., 1974). A similaridade entre as formas é tanta que se pode usar os mesmos critérios utilizados para o estudo das formas de Trimerophytales ao se estudar *Paulophyton*. A diagnose de *Paulophyton* emendada por Leguizamón e Archangelsky (1981), praticamente, está contida na definição diagnóstica do gênero *Psilophyton*, emendada por Hueber e Banks (1967) e Banks et al. (1975), conforme Stewart (1985). Portanto, as formas de *Paulophyton* poderiam ser incluídas como formas de *Psilophyton*, segundo a diagnose vigente de ambos os gêneros. Isto coloca o gênero *Paulophyton* como "nomen nudum" em termos taxonômicos. Devido a isto resolvem-se analisar aqui cuidadosamente as formas incluídas nestes dois gêneros. Essa análise baseia-se no estudo da literatura pertinente e na observação dos espécimes descritos por Dolianiti (1954), coletados por Rösler (Rösler e Ciguel, 1985), coletados pelo Autor, e existentes na Argentina (coleção do Museu de La Plata). Para o gênero *Psilophyton*, devido a extensa literatura existente, limitou-se à consulta de trabalhos que analisam várias espécies do gênero e/ou sintetizam informações sobre o mesmo (Kasper et al., 1974; Doran et al., 1977; Gensel, 1979; Stewart, 1985; Meyen, 1987). Preliminarmente comparando as formas de *Paulophyton* com outras de grupos mais primitivos, como os da ordem Rhyniales, ou com outras de grupos mais avançados, como os das ordens Cladoxylales e Aneurophytales (Protopteridiales), verificou-se que *Paulophyton* é distinguível de todas por suas dimensões gerais, pelo seu hábito (arranjo estrutural dos axes), por características inerentes a seus ramos férteis (estruturação, número de dicotomias, etc.) e por seus esporângios. Portanto, o grupo mais afim seria o das Trimerophytales. Dentro deste, descartam-se as formas de

Trimerophyton e **Pertica** pelo arranjo, respectivamente, trístico e tetrástico característico de seus ramos. **Psilophyton** é o gênero que contém as formas mais afins.

Após exaustiva comparação e estudo das formas, chegou-se a algumas características que distinguem as formas de **Paulophyton** das de **Psilophyton**. Estes caracteres estão sintetizados, em parte, na diagnose aqui emendada para o gênero **Paulophyton**. Seguem-se abaixo as características básicas que diferenciam um gênero do outro.

a) Idade e Distribuição Geográfica - o biocron de **Psilophyton** restringe-se ao Devoniano, indo do Eodevoniano Superior ao Mesodevoniano Superior (Gensel, 1979; Banks, 1980). O gênero pode ser considerado cosmopolita, mas é encontrado principalmente na região euro-americana. **Paulophyton** tem um biocron restrito ao Carbonífero, tendo sido coletado em estratos que vão do Eocarbonífero ao Neocarbonífero Inferior ou Superior (Daemon, 1974; Loboziak et al., 1992; Leguizamon e Archangelsky, 1981; Archangelsky e Cúneo, 1992). Sua distribuição poderia estar restrita ao Gondwana, apesar de *P.jongmansii* ser proveniente da Alemanha. Para alguns autores, entretanto, grande parte da Europa Ocidental seria contígua ao Gondwana durante o Carbonífero (Scotese et al., 1979; e McKerrow et al., 1991), fazendo parte do mesmo;

b) Esporângios: Os esporângios em **Paulophyton** são diminutos quando comparados aos de **Psilophyton**. Os esporângios de **Paulophyton**, em geral, são menores do que 1,0 mm de comprimento (submilimétricos). Em **Psilophyton**, eles são sempre milimétricos, sendo comumente maiores que 2,0 mm em comprimento, exceto para *P.dapsile*, no qual os esporângios variam de 1,7 a 2,1 mm de comprimento. Mesmo assim, os esporângios de *P.dapsile* são maiores do que o maior esporângio registrado para **Paulophyton**, que tem comprimento em torno de 1,2 mm (VER FIG. 32).

O mecanismo de deiscência em **Psilophyton** é, nitidamente, longitudinal. Vários dos exemplares estudados demonstraram seus esporângios rompidos longitudinalmente (ver Gensel, 1979; Doran et al., 1977; Kasper et al., 1974), seja por

FIG. 32. Tabela comparativa entre as nossas espécies de Paulophyton e algumas espécies de Trimerophytina modificado de Doran et al., 1978.

GÊNERO	HÁBITO	ARRANJO DOS RAMOS LATERAIS DO RP	PADRÃO DE DIVISÃO DOS RAMOS LATERAIS	L.MÁX R P	ORNAMENTAÇÃO R P	ORIENTAÇÃO E NÚMERO DE ESPORÂNGIOS	COMP. ESPORÂNG. (mm)	TAMANHO ESPORO (mm)
Psilophyton dapsile	D, (P)		D	2,0 ou menos	Glabro	Recurvado, até 128 esporângios	1,7 - 2,1	---
P.krauselii n	P		D	5,0 VEG. 0,5-1 FERT.	Enações Pilosas	Recurvado (pendular), No?	2,0 - 2,2	---
P.microspinosum	P	alternado espiralado	D	4,0	Enações em agulha, com 2 mm de comp.	Ereto, 24 - 32	3,5 - 4,0	---
P.forbesii	P	Espirado	D	9,0	Costelas longitudinais	Penduloso, 32 - 64 (?)	4,0 - 5,0	----
P.princeps	P	Espirado, alternado	D	10,0	Enações em grampo 1,5 - 2,5 mm	Penduloso, 64	7,5 - 8,0	75 - 80
P.dawsonii	P e D	Eter: Espirado Fert: Alternado, distíquio	D	2 - 4	Glabro	Penduloso qdo. jovem e ereto qdo. esporos saem, 64	3,0 - 5,0	40 - 75
Trimerophyton robustus	P	Espirado, provavelmente tristíquio	T e D	10,0	Glabro	ereto ou recurvado grupos de 3 - 8	4,0 - 5,0	40 - 63 média 52
Pertica quadrifaria	P	Espirado, alternado tetrastíquio	D	10,0	Papilas, menos do 0,04 mm	Ereto, Grupos densos, ate 256	2,0 - 3,0	média 64
P.varia	P	Espirado, alternado, decussado	D, P, (T)	14,0	Papilas, cônicas ou pilosas, com 0,004 - 04mm	Ereto, grupos denos, até 16 cada	3,0 - 5,0	56 - 90
P.dalhousii	P e D	Espirado	D (?P), (T)	10,0	Aparentemente glabro	Ereto até 128	4,0 - 5,0	52 - 85
cf. Pertica sp.	P	Espirado	D, T e D	9,0	Aparentemente glabro			
Paulophyton sommeri	P	Alternado aos Pares, provavel- mente espirado	D e P	6,4	Glabro	Ereto, com 8 - 15 (?)	0,8 - 1,2	---
P. sp. 1	P	ídem a P. sommeri	D e P	2,3	Glabro	Recurvado	0,6 - 0,9	---

Símbolos = D, Dicotômico; P, Pseudomonopodial; T, Tricotômico; Eter, Estéril; Fert, Fértil; Veg., Vegetativo; COMP., comprimento; RP, Ramo principal.; ESPORÂNG, Esporângio (s); L.MÁX., Largura máxima.

causa da compactação que os fez romper na área de maior fraqueza ("linha" de deiscência), seja devido a maturação ulterior dos esporângios, que ocasionou a ruptura dos mesmos antes da deposição. De qualquer modo, a "linha" de deiscência é algo comprovado nas formas de *Psilophyton*. Em *Paulophyton*, no entanto, nunca foram registrados esporângios rompidos. Algumas vezes existem marcas nos esporângios, mas estas podem ser artefatos causados pela compressão do esporângio (VER FIG. 31 e ITEM 9.1.2.). É estranho que, apesar de existir uma boa quantidade de espécimes com porções férteis preservadas, nunca se observaram esporângios abertos ou deiscentes. A partir disto, deduz-se que *Paulophyton*, provavelmente, não possuía qualquer mecanismo de deiscência especializado, assim como ocorre entre as formas mais primitivas das plantas terrestres superiores (por ex.: *Rhynia*). Corrobora esta idéia, o fato de que Leguizamón e Archangelsky (1981), ao liberarem por oxidação esporos do interior de um esporângio de *Paulophyton*, notaram que o esporângio rompera-se em vários pontos simultaneamente, não demonstrando qualquer superfície preferencial para o rompimento (op.cit., pág.108; Leguizamón, *comum.pess.*, 1992).

Resumindo, os esporângios de *Paulophyton* seriam distintos por terem dimensões razoavelmente menores e por não possuírem quaisquer mecanismos de deiscência aparente;

c) Arranjo Estrutural: O arranjo dos ramos laterais sobre o eixo principal em *Paulophyton* sempre é do tipo pseudomonopodial, enquanto que em *Psilophyton* este arranjo varia de, preferencialmente, dicotômico (simpodial?) a levemente pseudomonopodial em algumas espécies (*P.dapsile* e *P.krausellii*), passando a misto em outras (*P.dawsonii*), até chegar a completamente pseudomonopodial em algumas outras (*P.forbesii*, *P.princeps* e *P.microspinosum*). Em *Paulophyton* não registramos até agora quaisquer indícios de que o eixo principal pudesse dicotomizar-se, e analisando-se a estrutura geral da planta crê-se que, possivelmente, isto não deva ocorrer (VER FIG. 32). Além disso, *Paulophyton* demonstra um arranjo de saída dos ramos laterais bastante regular, do tipo pseudomonopodial alternado aos

pares. Em *Psilophyton*, o arranjo dos ramos laterais, é em geral, alterno, espiralado e com saídas não regulares a partir do eixo principal;

d) Ramos Férteis: Em *Psilophyton*, os esporângios estão arrançados na extremidade de ramos secundários, quando não estão inseridos ao longo de todo um ramo secundário destinado, exclusivamente, à função reprodutiva. Nestas extremidades ou porções terminais, os ramos dicotomizam-se muitas vezes em um curto espaço, dando origem a muitos esporângios por ramo terminal. Portanto, os esporângios estão situados em ramos de maior hierarquia (menor ordem), possuindo assim uma posição de destaque na planta.

Já em *Paulophyton* os esporângios encontram-se arrançados na extremidade de ramos terciários ou quaternários, de posição hierárquica inferior (de maior ordem) no vegetal. Estes ramos surgem, lateralmente, aos ramos anteriores (ramos secundários ou terciários, conforme o caso) e dispostos de forma alterna. São ramos débeis que se dicotomizam poucas vezes (em geral, duas a três vezes) dando origem, por conseguinte, a um número reduzido de esporângios por ramo terminal (mas não necessariamente por ramo secundário) (FIG. 31; EST. 3). Esta diferença fundamental baseia-se apenas na observação dos espécimes de *Paulophyton somneri* e *Paulophyton. sp 1* existentes na coleção do IG-USP. Existem ainda diferenças menores relacionadas às porções vegetativas. Os ramos terminais em *Paulophyton* são formados por pequenos talos relativamente longos, eretos, delgados, nunca recurvados, e sempre dicotomizados em ângulos bastante agudos. Em *Psilophyton*, estas terminações tendem a ser formadas por pequenos talos curtos, dicotomizados em ângulos abertos (retos a obtusos) e que, por vezes, são recurvados a circinados. Existem exceções (*P dapsile* e *P. forbesie*, por ex.) mas nestas o que se nota são talos terminais mais robustos e grossos, nunca delgados e longos (FIG. 33), e que se afilam rapidamente no ápice. Neste último caso, parece haver um menor número de dicotomias nos ramos terminais. Isto nunca ocorre em *Paulophyton*, onde os talos delgados e longos demonstram ocorrer

em

FIG. 33. *Paulophyton sommeri*.

Comparação entre *P. sommeri* e algumas formas de *Psilophyton* e *Tristichia*:

a) e b) formas de *Psilophyton* mais similares a *Paulophyton* (a - *P. forbesi*; b - *P. dapsile*); c) reconstituição parcial de *P. sommeri*, comparar com a), b), e) e f); d) detalhe do arranjo dos talos terminais com esporângios, comparar com c) - seta; e) e f) formas de *Tristichia*, porção fértil de uma pteridosperma, que lembra muito as formas de *Paulophyton* pelo arranjo e tipo de ramificação de seus talos desnudos (EP = eixo principal). (a, b - reproduzidos de Stewart, 1985; d - DGM 672 - Pb; e - reproduzidos de Long, 1961; f - reproduzido de Scott e Meyer-Berthaud, 1985).

Escala - d) = 5 mm; todos os demais = 1 cm.

FIGURA 33

alta densidade. Este caráter não é conclusivo, mas junto a outros, pode ser útil, e na falta de esporângios, por exemplo, pode ser indicativo.

Resumindo essa análise, *Paulophyton* passa a ser um gênero distinto de *Psilophyton*: a) por seu biocron Carbonífero e sua distribuição gondvânica; b) por seus esporângios diminutos e sem mecanismo de deiscência evidente; c) por seus ramos férteis débeis, localizados sempre lateralmente aos eixos principais de ramificação, e suportando um número reduzido de esporângios (de 8 a 16?); d) pelo arranjo exclusivamente pseudomonopodial, quase regular (alternos aos pares) de seus ramos laterais sobre o eixo principal; e) por seus ramos terminais delgados, relativamente longos, eretos e sempre dicotomizados em ângulos agudos.

As espécies de *Paulophyton*, de um modo geral, parecem apresentar um sistema de ramificação mais regular do que o das formas de *Psilophyton*. Portanto, trata-se de um sistema vegetativo mais avançado. Entretanto, em contra partida, as formas de *Paulophyton* parecem possuir sistemas e órgãos reprodutivos mais primitivos do que os de *Psilophyton*, lembrando os das formas antecessoras *Rhyniales*. Estes aspectos em si sugerem que *Paulophyton* seja uma forma que evoluiu de uma linhagem independente, na qual alguns caracteres se tornaram bastante avançados enquanto que outros praticamente não evoluíram. Apenas estudos anatômicos poderiam elucidar as possíveis relações filéticas destas formas de hábito psilofítico da América do Sul (VER ITEM 9.1.2.).

Em termos de vegetais carboníferos, deve-se assinalar a semelhança de *Paulophyton* com os restos de porções férteis de *Pteridospermales*. Há muito tempo sabe-se que certas *Pteridospermales* e mesmo *Progymnospermas*, durante o Carbonífero (principalmente no Eocarbonífero), possuíam seus órgãos reprodutivos posicionados terminalmente sobre ramos áfilos, os quais dispunham-se no ápice das frondes mais simples (por ex.: *Triphyllopteris* e *Rhacopteris*; ver Kidston, 1923; e Skog e Gensel, 1980) ou sobre a base da bifurcação da ráquis principal, em frondes mais complexas (por ex.: *Diplopteridium*, ver Walton,

1931). Tais ramos além de áfilos mostram-se várias vezes dicotômicos, possuem arranjos estruturais que variam de totalmente simpodiais a mistos entre o simpodial e o pseudomonopodial, e suportam órgãos férteis sempre terminais. Por essa estruturação, *Paulophyton* assemelha-se a esses ramos férteis. Entretanto, a descrição de tais ramos na literatura é escassa, pois muitas vezes estes são encontrados como restos incompletos, desconectados das porções vegetativas das frondes e classificados por isso como restos caulinares comprimidos indeterminados. Apenas quando conectados às frondes de origem ou quando apresentam caracteres anatômicos e/ou estruturas férteis (esporângios, cúpulas, etc) preservados, estes ramos são ilustrados e/ou descritos.

Da literatura consultada, as formas ilustradas e descritas por Long (1961), Scott e Meyer-Berthaud (1985) como *Tristichia ovensi* pareceram as mais próximas a *Paulophyton*. No entanto, estas formas sustentariam além de microsporângios, sementes e/ou cúpulas em suas extremidades, o que não foi assinalado para *Paulophyton*. Além disso, a diagnose original de *Tristichia* (Long, 1962) baseia-se em caracteres anatômicos, dentre outros. Logo, *Paulophyton* não seria comparável, pois desconhece-se sua anatomia. De qualquer modo, ao comparar os espécimes comprimidos de *Tristichia* (Scott e Meyer-Berthaud, 1985) com os de *Paulophyton*, nota-se algumas diferenças: a) *Paulophyton* possui um sistema de ramificação claramente pseudomonopodial, no qual os ramos laterais são sempre de um diâmetro inferior ao do eixo principal no ponto de inserção, em *Tristichia* existe, ao que parece, um arranjo tendendo ao simpodial, apenas na porção basal do vegetal, onde os ramos laterais atingem o mesmo calibre do eixo onde se inserem (conforme, Long 1962) (VER FIG. 33); b) os ramos laterais de *Paulophyton*, apesar de seguidamente dicotomizados, como os de *Tristichia*, apresentam ramos terminais intercalados e lateralmente dispostos entre as dicotomias (as pínulas "sensu lato" de Leguizamón e Archangelsky, 1981) que muitas vezes ocorrem antes da segunda dicotomia dos ramos laterais; estes ramos terminais em *Tristichia* inserem-se apenas nas porções mais distais do sistema de ramificação; c) os ramos mais distais são mais

delgados (tendo de 0,2 a 0,3 mm de largura) do que *Tristichia* (em média 0,5 mm de largura); d) os únicos esporângios comparáveis aos de *Paulophyton* encontrados ligados a possíveis caules de *Tristichia* são maiores do que os de *Paulophyton* (com cerca de 1,6 mm de comprimento por 0,8 mm de largura), arranjados em pequenos cachos sustentados por ramos curtos e relativamente largos (aproximadamente 1,2 mm de largura), diferentes dos ramos delgados, nos quais, encontram-se os esporângios de *Paulophyton*; e) *Paulophyton* não possui qualquer estrutura terminal do tipo lâmina foliar, como ocorre em *Tristichia* (segundo Long, 1962). Como semelhanças, além do fato de ambas formas serem praticamente áfilas, tem-se: a) o arranjo alternado e tri-dimensional dos ramos laterais (FIG. 33); b) a inserção alternada dos ramos de última ordem, incluindo aqueles com esporângios; c) ramos longos, finos, de diâmetros semelhantes aos de *Paulophyton* ao longo de todo o sistema de ramificação. Com isso, praticamente elimina-se, por hora, a possibilidade de que as formas de *Paulophyton*, pudessem corresponder às do gênero *Tristichia*, mas não se descarta sua possível afinidade às pteridospermas (VER ITEM 9.1.2.).

Ao nível específico, existem até agora mais três espécies descritas para o gênero *Paulophyton* além de *P.sommeri*: *P.jongmansii* Krausel (1957); e *P. llanensis* e *P.cuyanum* Leguizamón e Archangelsky (1981). Os espécimes de *P.cuyanum* foram observados pelo Autor na coleção do Museo de Ciencias Naturales de La Plata. Apesar de não ser possível examinar os exemplares de *P. llanensis*, foram discutidos com o Dr.R. Leguizamón detalhes sobre a morfologia dos espécimes. Assim sendo, as comparações aqui feitas com espécies argentinas, *P.cuyanum* e *P. llanensis*, têm um alto grau de confiabilidade.

Essa análise tem confirmado a distinção entre as três espécies, já assinaladas por Leguizamón e Archangelsky (1981) e os caracteres próprios de cada espécie foram, mais minuciosamente, levantados. Estão resumidos na FIG. 34. *P. llanensis* é a espécie mais distinguível por apresentar eixo principal estriado longitudinalmente e, principalmente, pelo arranjo bilateral dos seus ramos secundários (formando um sistema praticamente

FIG. 34. *Paulophyton* ssp.

Ilustra-se todas as espécies do gênero *Paulophyton*, comparando-se entre si tanto suas porções vegetativas quanto as férteis:

a) e b) *P. sommeri*; c) e d) *P. sp.1*; e) e f) *P. cuyanum*; g) e h) *P. jongmansii*; i) e j) *P. llanensis*. Para maiores detalhes comparativos vide FIG. 35. (a - reconstituição do espécime GP/3E - 4460; b - DGM 672 - Pb; c - GP/3E - 5752; d - GP/3E - 5698; e - LPPB 8847a; f - LPPB 8841; g, h - reproduzidos de Kräusel, 1957; i, j - reproduzidos de Leguizamón e Archangelsky, 1981).

Escalas - a), g), h), j) = 1 cm; b), c), d), e), f), i) = 5mm.

FIGURA 34

monopodial). *P. cuyanum* é uma espécie próxima, na qual a principal diferença com relação a *P. somneri* seria a redução geral do comprimento dos talos que pode ser notada: a) pelas bifurcações muito proximais dos ramos secundários (FIG. 35); b) pela existência de ramos terciários e quaternários largos e curtos com relação, respectivamente, aos ramos secundários e terminais (FIG. 35); c) e pelos braços muito curtos e relativamente largos das dicotomias dos ramos terminais férteis (FIG. 35). As dimensões dos esporângios variam, mas em média os de *P. cuyanum* são levemente menores do que os de *P. somneri*, enquanto que os de *P. llanensis* são, ao que parece, maiores(*).

Com relação a *P. jongmansii*, *P. somneri* diferencia-se: a) por possuir um eixo principal de menor diâmetro, liso ou com a impressão de uma única veia mediana estreita, e sem corrugações transversais (VER FIGS. 34 e 35); b) pelo arranjo mais primitivo dos ramos laterais, várias vezes dicotômicos que formam assim um sistema simpodial (em *P. jongmansii* ocorre um arranjo monopodial dos ramos laterais, onde a ramificação é mais proximal e o arranjo dos ramos alterno e com dicotomias apenas nos talos terminais, de sustentação dos esporângios); c) por seus esporângios menores e inseridos em ramos eretos, nunca encurvados (VER FIGS. 34 e 35).

Em resumo, as espécies da Argentina e Alemanha demonstram, com relação a *P. somneri*, uma certa redução e encurtamento do sistema de ramificação (processos de "overtopping" e redução, conforme Stewart 1985). Tendo em vista, a maior antiguidade de *P. somneri* (Eocarbonífero), as reduções e modificações ocorridas nas espécies argentinas obedecem a uma tendência evolutiva (Teoria do Teloma de Zimmermann, 1952) já observada nos grupos de plantas devonianas que compartilham dos mesmos caracteres morfológicos primitivos, (i.e. Trimerophytales e Rhyniales).

(*)Deve-se ressaltar que durante a descrição dos órgãos férteis (pág. 108) Leguizamon e Archangelsky (1981) afirmam que o maior esporângio de *P. llanensis* chegava a 1,24 cm de comprimento. Entretanto, em sua descrição sobre os órgãos vegetativos (pág. 106) os autores descrevem alguns esporângios nos quais o comprimento variou de 1,66 até 2,24 mm. A leitura do texto e estampas fazem crer que as últimas medidas mencionadas seriam as verdadeiras.

FIG. 35. Tabela comparativa entre as espécies de Paulophyton

IDADE	GÊNERO	HÁBITO	ARRANJO DOS RAMOS LATERAIS	PADRÃO DE DIVISÃO DOS RAMOS LATERAIS	L MÁX R P (mm)	ORNAMENTAÇÃO R P	ESPORÂNGIOS (ORIENTAÇÃO E Nº POR TALO)	COMP. ESPORÂNG. (mm)	TAMANHO ESPORAN. (mm)
(?T-V)	P. somneri	P	Alternos aos Pares e provavelmente espiralado	D e P	6,4	Ausente	Eretos e cerca de 8 à 16 (?)	0,8 à 1,2	---
(?T-V)	P. sp.1	P	idem a P. somneri	D e P	2,3	Ausente	Circinados e cerca de 8 à 16	0,6 à 0,9	---
(W)	P. llanensis	P	Bilateral	D?e P	5,0	Densa e estriada longitudinal	Encurvados e cerca de 4 à 8 (?)	1,6 à 2,2	50 à 60
(W)	P. cuyanum	P	Alternos e provavelmente espiralado	D e P	1,2	Poucas estrias longitudinais ¹	Eretos e pelos menos 4	0,6 à 0,9	?
(N)	P. jongmansii	P	Alternos à suboposto (espiralado?)	P	28,0 (6,0) ²	Sulcos longitu- dinais e irru- ções transversais	Encurvados, de 4 à 8	2,0 à 3,0	---

(1) = Praticamente nua, sem ornamentação, segundo nossas observações

(2) = Ramo secundário

Símbolos = T, Tournaisiano; V, Viséano; W, Westfaliano; N, Namuriano;

P, Pseudomonopodial; D, Dicotômico; RP= Ramo Principal; L = MÁX, Largura máxima; COMP., Comprimento.

7.5. Paulophyton sp 1

7.5.1. Sinonímia, diagnoses, descrição

Incertae Sedis

Gênero: *Paulophyton Dolianiti*, 1954, emmend. Leguizamon e Archangelsky, 1981

Espécie-tipo: *Paulophyton somneri Dolianiti*, nov. emend.

Paulophyton sp.1

(figs. 31, 32, 34, 35, est. 4)

Material estudado: GP/3E - 187; 5698; 5709; 5719 à 5744; e 5752 à 5754.

Material descrito: GP/3E - 187; 5698; 5709; 5720; 5729; 5738; e 5752 à 5754.

Procedência: afloramento 1 (BR 316, Km 63)

Descrição:

Planta herbácea, que chega a mais de 137,4 mm de comprimento por mais de 73,3 mm de largura.

Eixo principal robusto, rígido, liso, atingindo mais de 130,0 mm de comprimento por até 2,3 mm de diâmetro, diminuindo gradualmente em espessura para o ápice (FIG. 31; EST. 4).

Eixos secundários curtos, rígidos, lisos, aparentemente alternos aos pares, inseridos em ângulos agudos e em planos distintos, dicotômicos no ápice, e variando de 3,3 mm a 4,5 mm de comprimento e de 0,8 mm a 1,5 mm de largura, na base. Os eixos secundários formam com eixo o principal um arranjo pseudomonopodial tri-dimensional, mantendo com este uma relação de proporção inferior a 2:1 (FIG. 31; EST. 4).

Da dicotomia dos eixos secundários, surgem eixos terciários (relação em torno de 2:1,3) relativamente longos, que variam em comprimento de mais de 2,5 mm a 27 mm e em largura de 0,6 à 1,0 mm. Os eixos terciários dicotomizam-se pelo menos mais duas vezes em ângulos agudos e em planos distintos, numa proporção

constante de 1:1, dando origem a ramos delgados com largura entre 0,6 a 0,3 mm no ápice (FIG. 31; EST. 4)

A partir dos eixos terciários ocorrem finos e longos talos alternos (aos pares), inseridos em ângulos agudos e em planos ligeiramente distintos, os quais dicotomizam-se, no mínimo, 2 ou 3 vezes e possuem largura que varia de 0,4 mm a 0,2 mm. Quando estéreis terminam em talos eretos de ápice curtamente dicotômico; quando férteis sustentam esporângios terminais (EST. 4).

Esporângios ovalados, de comprimento entre 0,6 e 0,9 mm e largura entre 0,4 e 0,5 mm, e dispostos aos pares sobre talos curtos, seguidamente dicotômicos e encurvados no ápice; formando assim agregados de no mínimo 8 esporângios por talo terminal. Não há sinal de deiscência (FIG. 31; EST. 4).

7.5.2. Discussão e Comparações

Paulophyton sp.1 diferencia-se de *Psilophyton* e outras formas devonianas afins pelos mesmos motivos apresentados para *P. somneri*. *Paulophyton* sp.1 diferencia-se de *Tristichia* pelas mesmas razões já expostas quando da comparação desta forma com *P. somneri* (VER ITEM 7.4.2.).

Ao nível específico, *Paulophyton* sp 1 é distinta de *P. somneri* por: a) apresentar talos secundários mais curtos (4,5 mm de comprimento no máximo registrado) que mantém uma relação de proporção com o eixo principal sempre inferior a 2:1 (em *P. somneri* esta relação varia de 3:1 a 2:1); b) possuir eixos terciários mais largos (entre 0,6 e 1,0 mm) e relativamente mais longos; c) apresentar redução dos talos terminais que sustentam os esporângios e os braços da última dicotomia encurvados; d) possuir esporângios em média menores do que os de *P. somneri* (VER FIG. 34).

Portanto, *Paulophyton* sp 1 distingue-se basicamente de *P. somneri* por demonstrar uma redução do seu sistema de ramificação, o que a aproxima de *P. cuyanum*, *P. llanensis* e *P. jongmansii*. Entretanto, *Paulophyton* sp. 1 mostra-se distinta de todas essas espécies. De *P. llanensis*, *Paulophyton* sp. 1 é

facilmente distinguível pelo arranjo tridimensional alterno aos pares de seus ramos laterais, por sua ráquis principal lisa e por seus pequenos esporângios (VER ITEM 7.4.2.). De *P. jongmansii*, *Paulophyton* sp 1 diferencia-se pelas mesmas características já salientadas para *P. sommeri*, exceto pelo fato de *Paulophyton* sp 1 apresentar esporângios inseridos sobre talos encurvados, tal como *P. jongmansii* (VER p. 70 - e FIGS. 34 e 35). *P. cuyanum* é a forma mais similar a *Paulophyton* sp 1 por: a) demonstrar um sistema de sustentação reduzido (com eixos secundários e talos terminais curtos) mas que mantém os ramos laterais alternos e dicotômicos; b) apresentar um eixo principal praticamente liso; c) esporângios com as mesmas dimensões (VER FIG. 34). Porém, *Paulophyton* sp.1 diferencia-se por: a) apresentar ramos terciários mais longos, com dicotomias mais distanciadas entre si e talos médio-distais mais delgados; b) possuir esporângios inseridos em talos dicotômicos cujos braços são encurvados e muito mais longos do que os de *P. cuyanum*, que possui um sistema de ramificação mais reduzido e encurtado do que o *Paulophyton* sp.1 (VER FIG. 35).

Paulophyton sp 1 apesar de já demonstrar uma tendência a redução de seu sistema de sustentação pode ser considerada ainda uma forma mais primitiva que as demais, excluindo *P. sommeri*. Tendo em vista a maior antiguidade de *Paulophyton* sp 1, esta primitividade com relação as formas da Argentina e Alemanha condiz com a lógica evolutiva ("Teoria do Teloma") já salientada (VER ITEM 7.4.2.). Por outro lado, *Paulophyton* sp. 1 pode ser considerada uma forma mais avançada do que *P. sommeri*, devido a tendência geral de redução no comprimento de seus ramos laterais e talos terminais, e a presença de talos terminais encurvados sustentando os esporângios, caracteres derivados, segundo a Teoria do Teloma (VER Zimmermann, 1952; e Stewart, 1985).

7.6. *Kegelidium lamegoi*

7.6.1. Sinonímia, diagnoses e descrição

Divisão: Gymnospermae
 Classe: Pteridospermopsida?
 Ordem: Pteridospermales?
 Gênero: *Kegelidium* Dolianiti, 1954 nov.emend.
 Espécie-tipo: *K.lamegoi* Dolianiti, 1954 nov.emend.
 (figs. 36 e 37; est. 5)

Sinonímia:

1954 - *Kegelidium lamegoi* Dolianiti, est. VII, VIII e IX
 1981 - *Paulophyton sommeri* (Dolianiti) Leguizamon e Archangelsky,
 p. 103.

Material estudado: DGM 1002 - 1012 - 1013 - 1018 - 1019 - 1028 - Pb

Material descrito: DGM 1002 - 1018 - 1019 - 1028 - Pb

Procedência: Sondagem 125 e localidade do afloramento 1 (Fazenda Curral de Pedra).

Diagnose Original (Gênero e Espécie)

"Esporângios terminais de forma oval alongada ou fusiforme, com seção cilíndrica, extremidade apical aguda, dispostos comumente aos pares, por vezes grupados até 6 na mesma haste. Muito raramente são encontrados 3 esporângios presos ao mesmo pedúnculo.

Esporângios de tamanho relativamente uniforme, medindo de 4 a 6 mm de comprimento por cerca de 1 mm de largura.

Apresentam externamente uma estrutura peculiar, provavelmente da epiderme, com células longas e estreitas, dando ao conjunto o aspecto de sulcos longitudinais.

Esporângios presos a hastes delgadas, lisas, desprovidas de qualquer elemento foliar, dicotômicas, onde se observam finas estrias longitudinais. Estas hastes junto aos esporângios medem de 0,25 a 0,75 mm.

Não foi observada deiscência nos esporângios." Dolianiti (1954: p.27).

Diagnose Genérica Emendada

Sistemas de ramificação tri-dimensionais, áfilos e compostos de ramos dicotômicos e/ou alternos. Esporângios ortótropos, formando agregados apicais sobre as últimas divisões. Cada agregado possui um número par fixo de esporângios livres, dispostos em forma de coroa, sustentados por um único talo e que podem subdividir-se em agrupamentos pares unidos por um único tecido de sustentação. Não há sinal de deiscência.

Diagnose Específica Emendada

Vegetal de pequeno porte e de aspecto arbustivo formando um sistema de ramificação tridimensional; ramos áfilos, robustos, sinuosos e ornados de finas estrias longitudinais. Talo principal dicotomizando-se duas vezes consecutivas formando uma coroa basal de talos; talos superiores de arranjo ora dicotômico ora alterno. Talos terminais alternos, dicotomizando-se de uma a três vezes, estéreis ou férteis. Talos terminais férteis sustentando apicalmente cachos de esporângios fusiformes, longitudinalmente estriados, sem sinal de deiscência, e de comprimento entre 2,9 e 4,1 mm e largura entre 0,7 e 1,4 mm. A última divisão de cada talo terminal sustenta um agregado de quatro esporângios livres, em posição ortótropa, e arranjados aos pares, onde cada par encontra-se sobre um mesmo tecido de sustentação. Cada talo terminal pode sustentar de 8 a 32 esporângios.

Descrição

Vegetal de aspecto arbustivo, de talos robustos, sinuosos e com finas estrias dispostas longitudinalmente; o talo principal pode chegar a medir mais de 9,2 mm de comprimento por 3,9 mm de largura, e dicotomiza-se duas vezes consecutivas apicalmente, dando origem a quatro talos secundários (EST. 5).

Talos secundários curtos (2,7 a 10,5 mm), com largura entre 0,8 e 1,1 mm e que aparentemente se dicotomizam no ápice originando um par de talos terciários. Talos terciários esguios, com largura variando entre 0,5 e 0,8 mm (média de 0,6-0,7 mm), afilando-se, gradualmente, em direção ao ápice e suportando de forma alterna e espaçada talos quaternários. Talos quaternários ou terminais, ao que parece, sempre dicotômicos, podendo ter, pelo menos, de uma a três dicotomias por talo, de comprimento variável e largura na base entre 0,4 e 0,3 mm chegando a 0,2 mm no ápice (FIG. 36; EST. 5).

O arranjo dos talos em todas as ordens parece ser tridimensional (sem planação) e obedece a seguinte razão de proporção na largura dos talos a partir do talo principal: 4:2:1:0,7-0,6:0,4-0,3 (respectivamente, talo principal: talo primário (primeira dicotomia do talo principal: talo secundário (segunda dicotomia): talo terciário:talo terminal).

Esporângios inseridos no topo dos talos terminais, alongados (fusiformes), de ápices acuminados a acuminado-arredondados, estriados longitudinalmente, sem sinal aparente de deiscência, com comprimento entre 2,9 e 4,1 mm e largura entre 0,7 e 1,4 mm. Esporângios livres que se encontram arranjados aos pares e cuja sustentação se dá através de uma única porção basal de tecido (sem dicotomia alguma), evidenciada por um alargamento no talo de sustentação (FIG. 36); cada par de esporângios, por sua vez, encontra-se muito próximo a um outro par (quase justaposto), demonstrando uma tendência a fusão basal dos pares, o que proporciona um arranjo em "buquê" ou coroa de quatro esporângio para cada segmento terminal (FIG. 36; EST. 5). Os talos de sustentação das coroas de esporângios são curtos (comprimento entre 0,6 e 1,5 mm), finos (largura entre 0,3 e 0,2 mm) e originários sempre de uma dicotomia. Cada talo terminal (ou quaternário) pode sustentar um total de 8 a 32 esporângios, conforme o número de dicotomias destes (ao que parece, de uma a três) (FIG. 36; EST. 5).

FIG. 36. *Kegelidium lanegoi*.

Principais características de *Kegelidium*:

1 - talos terminais nus, dicotômicos, sustentando apicalmente coroas de esporângios (a, b); 2 - esporângios fusiformes, agrupados de 4 em 4 por talo terminal (a, b, c, d, e), mas arranjados dois a dois (i, d, e); 3 - pares de esporângios livres, compartilhando apenas suas bases de inserção (d, e - setas) (a, c, d, e - DGM 1012 - Pb; b - DGM 1028 - Pb).

Escala - todos = 1 cm.

FIGURA 36

Observações

1 - A porção vegetativa, representada pelos espécimes DGM 1002 e 1012 - Pb, não ocorre de fato claramente conectada aos talos terminais férteis. Entretanto, existem fortes argumentos sugerindo que tal conexão exista, a saber: a) no espécime DGM 1012 - Pb encontram-se a porção vegetativa disposta no centro de uma série de restos de talos terminais férteis, sugerindo que processos de compactação poderiam ter desconectado os débeis talos terminais férteis de sua porção vegetativa de sustentação, mantendo a disposição agora observada; b) neste mesmo espécime (DGM 1012 - Pb) encontram-se sinais de dois possíveis esporângios conectados, representados pelo espessamento das porções mais distais de dois talos terminais; c) os talos de sustentação dos esporângios são similares aos talos terminais dos espécimes vegetativos (DGM 1012 e 1002 - Pb), por apresentarem diâmetros similares, alta sinuosidade, sucessivas dicotomias (arranjo simpodial) e finas estriações longitudinais. Assim analisando os espécimes DGM 1012 e 1002 - Pb devem realmente representar as porções mais proximais do sistema de sustentação dos esporângios de *K.lamegoi*.

7.6.2. Discussão e Comparações

O formato e o tamanho dos esporângios e o fato de serem sustentados por ramos desnudos (i.e. sem folhas), tridimensionais e parcialmente dicotômicos, sugerem uma forte ligação com grupos primitivos do Devoniano, assim como havia observado Dolianiti (1954). Porções férteis de grupos mais recentes, como as de pteridospermas carboníferas, são também muito similares. Assim analisa-se abaixo os grupos vegetais e as formas com que os restos guardam maiores afinidades. A falta de dados anatômicos restringe as conclusões, mas em termos de morfologia externa vários caracteres podem ser diagnósticos.

Antes porém, deve-se fazer um rápido comentário sobre a sinonímia, estabelecida por Leguizamón e Archangelsky (1981), de *K. lamegoi* com *P. sommeri*. *K. lamegoi* revela-se forma bastante distinta das de *Paulophyton*: a) por apresentar uma coroa basal de

ramos; b) por possuir ramos ou talos sinuosos e finamente estriados; c) e, principalmente, por apresentar esporângios bem maiores, de formato fusiforme e dispostos em coroas apicais de quatro esporângios cada. Não há, por ora, razões que possam reunir estas duas formas sob um mesmo epíteto como sugerido por Leguizamón e Archangelsky (1981).

Grupos afins a *K. lamegoi*:

a) Afinidades com grupos devonianos: Os esporângios de *Kegelidium* são do tipo padrão encontrado nas Trimerophytales, em grupos primitivos de Filicopsida (Cladoxylales, Zygopteridales) e Progymnospermopsida (Aneurophytales, Protopityales), e em algumas Gymnospermae (Lagenostomales, por exemplo).

Dentre todas as formas devonianas, a que apresenta esporângio mais similar a essa é sem dúvida *Dawsonites* Halle (1916) e formas afins, tais como *Psilophyton dawsonii* (conforme Höeg, 1967; e Stewart, 1985). *Dawsonites*, gênero parcialmente sinônimo a *Psilophyton*, caracteriza-se por possuir esporângios terminais dispostos em cachos que são suportados por ramos recurvados (Chaloner, 1972). *K. lamegoi* difere de todas as formas de *Dawsonites*: a) por apresentar cachos de esporângios sustentados por ramos retos, nunca curvos (exceto por *D. roskiliensis*); b) por possuir pares de esporângios sustentados por um único talo terminal que representaria a redução da última dicotomia até o seu completo desaparecimento por fusão das porções distais - *Dawsonites* cada esporângio conserva, em geral, um fino e curto pedicelo; e c) pelo arranjo terminal em coroa, dos cachos de esporângios, que são formados por um número sempre fixo de esporângios (quatro) quase justapostos - em *Dawsonites* não ocorre um número fixo por que o arranjo dos cachos é mais irregular, contendo, por vezes, esporângios inseridos lateralmente aos ramos terminais (ver Höeg, 1967; Chaloner, 1972; e Tims e Chambers, 1984) (FIG. 37).

O provável sistema de sustentação de *K. lamegoi* lembra muito os talos descritos para algumas formas de Cladoxylales e Aneurophytales, devido a sua sinuosidade, estriação e arranjo.

FIG. 37. *Kegelidium lamegoi*.

Comparações entre *K. lamegoi* e formas afins do Devoniano e Carbonífero:

Em b) e c) observam-se formas devonianas do gênero *Dawsonites* similares a *K. lamegoi*, notar que os esporângios nestas formas encontram-se distantes entre si. As formas carboníferas (a, d, e) possuem os esporângios reunidos e inseridos a partir de um único ponto no talo terminal, apresentando, por isso, maiores afinidades com *K. lamegoi* (a - *Zimmermatheca*; d - *Telangiopsis*; e - *Telangium*). *K. lamegoi* apresenta-se como uma forma mais primitiva do que as carboníferas citadas por possuir um número fixo de esporângios (4) não fundidos entre si (f, g). Em h) observa-se um detalhe da forma tridimensional de um esporângio de *K. lamegoi*. (a - reproduzido de Millay e Taylor, 1979; b - modificado de Chaloner, 1972; c - modificado de Tims e Chambers, 1984, d - modificado de Millay e Taylor, 1979; e - reproduzido de Stewart, 1985; f - DGM 1019 - Pb; g, h - DGM 1012 - Pb).

Escalas - e), g), h) = 2,5 mm; todos os demais = 5 mm.

FIGURA 37

Em Aneurophytales, porções dos sistemas de ramificação de *Tetraxylopteris schmidth* (Beck) Bonamo e Banks (1967) e *Rellimia thomsonii* (Dawson) Leclercq e Bonamo (1973) (antigo *Protopteridium thomsonii*, segundo Bonamo, 1983) são os mais similares. *K.lamegoi* pode ser comparado apenas às regiões férteis de cada uma destas formas. Logo deve-se atentar apenas para a organização destas regiões ao se fazer as comparações (*K.lamegoi* é seguramente parte de uma entidade maior cuja organização não se conhece qual é).

Com relação a *T.schmidth*, *K.lamegoi* difere por possuir um sistema de ramificação com duas dicotomias basais consecutivas que dá origem a quatro ramos que se irradiam, formando um arranjo próximo ao de um "buquê" ou coroa, o que não ocorre em nenhum nível do sistema de sustentação dos "complexos esporangiais" de *T.schmidth* (ver Bonamo e Banks, 1967; e Meyen, 1987). O arranjo em "buquê", peculiar aos ramos de *K.lamegoi*, poderia ser encontrado de forma rara dentro do sistema de ramificação de *R.thomsonii*, como sugere a reconstrução deste vegetal feita por Schweitzer e Matten (1982, ver fig.-texto 34). No entanto, tal arranjo ocorreria apenas nos ramos vegetativos, nunca nos férteis. *K.lamegoi* difere também neste caso por seus ramos bem mais sinuosos e pelas suas dimensões totais menores (com relação às porções terminais de *R.thomsonii*).

Por fim, a estrutura terminal de sustentação dos esporângios em *K.lamegoi* é completamente diferente, apesar dos esporângios em si serem idênticos. Em *K.lamegoi*, os esporângios estão unidos 2 à 2, fundidos em sua porção basal, e dispostos em um conjunto de 4 esporângios que formam uma espécie de coroa esporangial que, por sua vez, está inserida em ramo nitidamente dicotômico. Em *R. thomsonii* os esporângios nunca se encontram dispostos 2 a 2, mas sim enfileirados em boa quantidade ao longo de ramos terminais (mais ou menos segmentados), os quais estão inseridos de forma alterna sobre o eixo principal que tende a enrolar-se adaxialmente, fazendo com que os esporângios curvem-se para o centro da estrutura ou esporangióforo (conforme Schweitzer e Matten, 1982). Apesar de não serem estruturas planares,

rebatendo-as sobre um plano, elas configurarão frondes pluripinadas. Em sua posição original, assemelham-se as báculas de fetos em processo de desenrolamento. Isto é completamente distinto de *K.lamegoi* (VER FIG. 36).

Quanto às *Cladoxilales*, o arranjo dos talos de *K.lamegoi* guarda grande semelhança com os ramos apicais de *Pseudosporochnus nodosus* Leclercq e Banks (1962). Os ramos de primeira e segunda ordens em *P.nodosus* dividem-se apicalmente em uns poucos ramos (2 a 6) que ocupam vários planos e formam assim uma estrutura chamada "coroa" (op.cit., pág. 9). A coroa basal de talos de *K.lamegoi* é bastante semelhante a "coroa" de ramos de *P.nodosus* por: a) apresentar-se, aparentemente, como uma estrutura tri-dimensional; b) seus ramos apicais emitirem ramos laterais em planos distintos; c) possuir talos estriados longitudinalmente.

Entretanto, *K.lamegoi* diferencia-se por: a) ter diâmetros inferiores aos dos ramos de primeira e segunda ordens, que seriam, em *P.nodosus*, os ramos com feições correspondentes aos de *K.lamegoi*; b) não apresentar sinal algum ao longo de seus ramos de estruturas elípticas, que são associadas a concentrações de esclereídeos e ornamentam densamente os ramos de todas as ordens de *P.nodosus*; c) possuir ramos laterais que, apesar de não permanecerem num mesmo plano, parecem ordenados de maneira alternada sobre os ramos apicais (em *P.nodosus* seria espiralada).

Por fim, ao analisar os esporângios descobre-se mais diferenças. Os esporângios de *P.nodosus* apesar de dispostos 2 a 2, sob um mesmo talo engrossado (quase fundidos), semelhante ao que ocorre em *K.lamegoi*, não estão arranjados em conjuntos 4 esporângios dispostos em uma coroa terminal. Além disso, os esporângios de *K.lamegoi* (de dimensões equivalentes aos de *P.nodosus*) têm ápices acuminados, superfícies externas estriadas e não possuem nenhum sinal de deiscência, o que os diferencia dos de *P.nodosus* (que têm ápices arredondados, são aparentemente lisos e possuem, ao que parece, uma linha de deiscência do seu lado interno - Leclercq e Banks, 1962: 13). Analisando de modo mais amplo as formas do grupo das *Cladoxylales* verifica-se que o

sistema de sustentação de *K.lamegoi* assemelha-se porções dos sistemas de ramificação de algumas formas do grupo, sendo *P.nodosus* a mais próxima (ver Scheckler, 1974; e Meyen, 1987). Entretanto, não se verifica em *K.lamegoi* a grande tendência de planação dos apêndices terminais (na verdade, parece não haver apêndices terminais estéreis), nem o tipo de arranjo dos esporângios encontrados nas várias formas de *Cladoxylales*. Assim sendo, apesar de algumas semelhanças, *K.lamegoi* não é de fato uma forma relacionada ao grupo das *Cladoxylales*, tendo em vista, principalmente, o seu arranjo esporangial distinto.

b) Afinidades com grupos carboníferos: *K.lamegoi* apresenta, por outro lado, afinidade com grupos mais recentes. Primitivas *Pteridospermales* (segundo Stewart, 1985) talvez vinculadas às *Cycadopsida* (segundo Meyen, 1987), apresentam alguns aparelhos esporangiais (ou microsporoclados segundo Meyen, 1987: 165) semelhantes ao de *K.lamegoi*. O arranjo em coroa dos esporângios de *K.lamegoi* é semelhante ao de várias formas primitivas de *pteridospermas*, relacionadas à linhagem evolutiva que conduziu ao aparecimento das formas sinangiadas (segundo Millay e Taylor, 1979). Analisam-se, a seguir, os táxons com os quais *K.lamegoi* mostrou maior afinidade. Pertencem à ordem das *Lagenostomales* (segundo Meyen, 1987) que compreende diversas *pteridospermas* primitivas e a família *Lyginopteridaceae* (conforme Millay e Taylor, 1979).

Geminitheca scotica Smith (1959), como *K.lamegoi*, apresenta esporângios livres e dispostos aos pares em cachos terminais sobre eixos (ramos) dicotômicos nus. Porém, *K.lamegoi* difere de *G.scotica* pela forma mais ovalada e maiores dimensões de seus esporângios, pela ausência de estômatos ou bases capilares sobre as hastes de sustentação, além de cada cacho ser constituído por apenas 4 esporângios. Em *G.scotia* encontram-se até 8 esporângios por cacho (considerando-se cada 2 coroas de esporângios, próximas entre si, como um único cacho). *K.lamegoi*, ao que parece, possui como em *G.scotia* paredes esporangiais espessas e nenhum sinal de deiscência.

Outra forma muito próxima a *K.lamegoi* é *Zimmermannitheca cupulaeformis* Remy e Remy, 1959 (ver Millay e Taylor, 1979). Mas *K.lamegoi* difere de *Z.cupulaeformis* por apresentar esporângios: a) dispostos primariamente aos pares enquanto em *Z.cupulaeformis*, os esporângios demonstram estarem todos inseridos num mesmo ponto; b) em número fixo de 4 por extremidade enquanto em *Z.cupulaeformis* este número é variável de 2 a 7, e c) com ápices bem mais atenuados, nunca filiformes, como os de *Z.cupulaeformis*. Como em *K.lamegoi*, os esporângios de *Z.cupulaeformis* não apresentam sinal algum de deiscência. (VER FIG. 37).

Dentro da família das Lyginopteridaceae, encontram-se os gêneros *Telangiopsis* Eggert e Taylor, 1971 e *Telangium* Benson, 1904 (em Eggert e Taylor, 1971), como formas similares. Antigamente, a designação *Telangium* era usada tanto para formas preservadas como impressão-compressão como para aquelas petrificadas. Entretanto, diante da impossibilidade de se comprovar a real equivalência específica/genérica entre essas formas, Eggert e Taylor (1971) criaram o gênero *Telangiopsis*, para abrigar as preservadas como impressão-compressão. Posteriormente, foram constatadas diferenças, principalmente quanto ao sistema de sustentação dos sinângios (planar X tridimensional), entre os espécimes de *Telangium* e *Telangiopsis* (Millay e Taylor, 1979), reforçando assim a separação destas formas em entidades taxonômicas distintas.

Como os espécimes de *K.lamegoi* encontram-se preservados apenas como impressões/compressões, *Telangiopsis* é a única forma comparável. *Telangiopsis* compreende sinângios com um número variável de esporângios fundidos por suas porções basais e livres distalmente, dispostos em cachos radiais pedicelados e inseridos terminalmente sobre eixos nus (sem evidências de estruturas foliares), ramificados dicotômica ou monopodialmente (conforme Eggert e Taylor, 1971; e Jennings, 1976). *K.lamegoi* assemelha-se a *Telangiopsis* quanto ao sistema de ramificação tridimensional (presente em algumas formas do gênero, tais como a espécie-tipo *T.arkansanum* Millay e Taylor, 1979); à forma dos esporângios e ao

fato destes estarem arranjados em cachos ou coroas terminais sobre eixos dicotômicos nus. Porém, *K.lamegoi* diferencia-se das formas de *Telangiopsis*: a) por não ser uma forma sinangiada, em *K.lamegoi* os esporângios são inteiramente livres, tendo no máximo seus talos de inserção fundidos, b) por seus esporângios dispostos 2 a 2 e em um número fixo de 4 por terminação (em *Telangiopsis* o número varia de 5 a 6); c) por apresentar um sistema de ramificação formado por uma coroa basal de talos que não demonstra qualquer estruturação do tipo fronde - como ocorre comumente com formas de *Telangiopsis* (ver Eggert e Taylor, 1971) (VER FIG. 37).

K.lamegoi apresenta maior semelhança com as formas primitivas de pteridospermales do Carbonífero Inferior. As formas com o grau evolutivo semelhante ao de *K.lamegoi* (i.e. *Geminitheca*, *Zimmermannitheca*) são encontradas entre o Mississippiano Inferior e Superior, segundo o esquema estabelecido por Millay e Taylor (1979). Dentro deste quadro, *K.lamegoi* poderia pertencer à linhagem que deu origem às *Lyginopteridaceae* e ser considerada uma forma pré-sinangiada. . Esse grupo possuía a tendência de suportar seus esporângios dispostos em pequenas agregações apicais e de apresentar um espessamento das paredes esporangiais (Millay e Taylor, op.cit., p. 361), ambas observáveis em *K.lamegoi*.

Assim sendo, pelo exposto acima, *Kegelidium* continua a ser uma entidade distinta em nível genérico e específico. Portanto, a diagnose da espécie-tipo de Dolianiti (1954) é válida, feitas as devidas ressalvas da emenda proposta.

7.7 - ?*Ursodendron brasiliensis*

7.7.1. Sinonímia, diagnose e descrição

Classe: Lycopodiopsida
 Ordem: Isoetales
 Gênero: *Ursodendron* Radczenko, emend. Meyen, 1972
 Espécie-tipo: *Ursodendron chacassicum* Radizenko
 ?*Ursodendron brasiliensis* (Dolianiti) nov.comb.
 (figs. 38 e 39; est. 5)

Sinonímia:

1962 *Cyclostigma brasiliensis* Dolianiti, est. I e II

Material estudado: DGM 1178 a 1187 - Pb.

Material descrito: DGM 1178 a e b; 1179; 1186 a e b, e 1187 - Pb.

Procedência: afloramentos 5 (Rio Manuel Alves Grande - MA) e 6 (Cinzeiro - TO)

Diagnose original da espécie

"Caule medindo até 35 mm de largura, com cicatrizes arredondadas, pequenas, distando umas das outras de 8-10 mm, e dispostas em ordem espiral; na metade superior apresenta um pequeno mamilo, que mostra uma pequena cicatriz central arredondada ou como uma diminuta fenda longitudinal. Prováveis parichnos dispostos de um e outro lado da pequena cicatriz central, e de aspecto reniforme. Caule com finas estrias longitudinais, um certo número delas convergindo para os dois polos da cicatriz". Dolianiti (1962 p. 480)

Diagnose emendada da nova combinação

Caules pequenos, com almofadas foliares arredondadas a subrômbricas, pequenas e de disposição lepidodendróide de baixo ângulo, com amplas áreas inter-almofadas. As almofadas foliares mostram-se como áreas elevadas que apresentam em seu terço-superior um pequeno mamilo ou anel saliente e, logo acima, uma

área rebaixada e transversalmente alongada. Nas contra-impressões, as almofadas, mostram-se como depressões que no terço superior apresentam uma área lenticular elevada que pode apresentar uma pequena área central saliente arredondada. A cutícula é espessa apresentando células retangulares dispostas em fileiras longitudinais ao longo do caule, as quais, na região das almofadas, convergem para os polos destas; nas porções inferiores das almofadas as células tornam-se isodiamétricas. Não foram observados estômatos. As possíveis folhas são longas, de margens semi-paralelas e formato provavelmente lanceolado, estreitando-se gradativamente para o topo até formarem um ápice afilado; ocorre uma única veia mediana relativamente larga ao longo de toda a folha, que, por vezes, é estriada.

Descrição

Fragmentos de caules pequenos, chegando a medir mais de 35,0 mm de largura por mais de 77,5 mm de comprimento, que suportam almofadas foliares bastante distanciadas entre si (área inter-almofadas amplas) e dispostas espiraladamente em ângulos que variam de 30° a 35° - filotaxia do tipo lepidodendróide, sem ortostíquia distinta conforme Meyen (1976).

Almofadas foliares pequenas, arredondadas a rombóides, em geral, transversalmente alongadas e que se apresentam como saliências na matriz; possuem largura entre 2,0 e 4,9 mm e comprimento entre 1,8 e 3,6 mm. A porção superior das almofadas forma um plano inclinado de contorno lenticular que converge no centro para uma região arredondada, saliente e com uma cavidade central, que forma assim uma espécie de anel de 0,8 a 1 mm de diâmetro. Um pouco acima desta área, encontra-se uma região em forma de depressão alongada transversalmente, com largura entre 2,0 e 2,9 mm, sem estruturas preservadas e contendo restos carbonosos, principalmente, ao longo do contorno superior, onde encontra-se, por vezes, uma pequena inflexão ou área depressiva central (FIG. 38 e 39; EST. 5). Quando mal preservada a almofada mostra, no seu terço superior, apenas uma região cônica (mamilo), revestida, por vezes, de impressões celulares e de ápice seccionado, cuja seção

FIG. 38. ?Ursodendron brasiliensis.

Principais características morfológicas e interpretações das estruturas de ?U. brasiliensis:

a) DGM 1178 - Pb - disposição, densidade e tamanho das almofadas foliares ao longo do caule; b) DGM 1181 - Pb - detalhe de um caule mostrando as características das almofadas e uma possível folha conectada (seta); c) DGM 1178 - Pb - contra-impressão de uma almofada foliar; d) interpretação das estruturas assinaladas; e) DGM 1178 - Pb - detalhe do padrão celular no caule e na almofada foliar; f), g), h) DGM 1179 - Pb - possíveis restos foliares. (L = lígula; F = folha; AF = almofada foliar; BAF = base da almofada foliar).

Escalas - a), b) = 1 cm; c), d), e), f), h) = 5 mm; g) = 1mm.

FIGURA 38

FIG. 39. ?Ursodendron brasiliensis.

Comparação entre as almofadas foliares de *Cyclostigma* (a), *Bothrodendron* (b), *Vietcheslavia* (c), *Ursodendron* (d) e ?*Ursodendron brasiliensis* (e, f, g, h):

e) DGM 1186b - Pb - contra-impressão de uma almofada foliar, comparar com *Vietcheslavia* (c); f) DGM 1187 - Pb - impressão de uma almofada foliar, comparar com *Vietcheslavia* (c); g) DGM 1179 - Pb - provável seção transversal proximal de uma folha, h) DGM 1178 - PB - contra-impressão invertida de uma almofada foliar, comparar com *Ursodendron* (d). (CV = cicatriz vascular; P = pariquino; L = lígula, AF = almofada foliar; PI = plano inclinado) (a - reproduzido de Chaloner, 1968; b, c - reproduzidos de Chaloner e Boureau, 1967; d - reproduzido de Meyen, 1972).

Escala - a), b), d), e), g) = 1 mm; c), h) = 5 mm; f) = 2,5 mm.

FIGURA 39

varia em diâmetro de 0,7 a 1,0 mm e apresenta uma depressão central com um ponto saliente no seu interior (FIG. 38). As contra-impressões das almofadas foliares apresentam-se como depressões na matriz, onde a porção superior corresponde a uma região lenticular não deprimida. Esta região lenticular varia de 0,7 a 1,3 mm em comprimento por 1,8 a 2,7 mm de largura, e, por vezes, apresenta o seu contorno delimitado por uma fina película carbonosa e a presença uma área circular saliente central, que, por sua vez, pode conter ainda uma outra marca ou pequenina saliência central (FIG. 39; EST. 5). Mais raramente, ocorrem, na área lenticular, duas pequenas saliências laterais ou duas pequeninas fendas carbonosas apicais (FIG. 39; EST. 5).

A cutícula é espessa, como demonstram os restos preservados deste tecido. As células de revestimento são retangulares, de dimensões homogêneas e dispostas em fileiras longitudinais ao longo do caule, tendo as maiores células cerca de 0,3 mm de comprimento por 0,1 mm de largura. As fileiras de células próximas às almofadas foliares tendem a convergir para os polos destas. Na região médio-basal das almofadas, as células mudam sua forma e dimensões, passando a serem isodiamétricas e menores (FIG. 38). Não foram constatadas células estomáticas.

As possíveis folhas apresentam-se longas, de margens semi-paralelas convergindo-se distalmente, possuem uma única veia mediana, relativamente larga, que, por vezes, é estriada (FIG. 38). O ápice foliar parece ter sido afilado a filiforme.

Observações

1 - A possível interpretação para as estruturas observadas nas almofadas foliares, é a seguinte: a) a área médio-basal saliente, que corresponde a região de depressão nas contra-impressões, representaria a porção basal da almofada foliar; b) a região lenticular superior corresponderia a superfície seccionada da base foliar (falsa cicatriz portanto, as folhas teriam, em um corte proximal, um contorno lenticular), e as diversas estruturas arredondadas salientes registradas seriam relacionadas aos feixes foliares; c) os sinais e depressões centrais existentes junto ao

contorno superior das almofadas representariam a cavidade ligular (VER FIGS. 38 e 39; EST. 5).

2 - As folhas encontram-se dispersas no sedimento. Possíveis folhas conectadas podem ser observadas junto aos caules dos exemplares DGM 1178 e 1187 - Pb. Além disso, podem ser considerados fortes indícios de conexão entre as folhas e os caules: a) a ocorrência destes restos foliares em estratos onde são registrados apenas restos desta licófita; b) o fato das dimensões dos restos foliares serem compatíveis com os das almofadas e de suas respectivas bases de inserção (áreas lenticulares) (FIG. 38).

3 - Ao que tudo indica, não havia abscisão foliar nesta forma, pois: a) existe registro de folhas conectadas aos caules e abundância destas junto aos caules; b) não foi observado uma superfície nítida de abscisão foliar nas almofadas. As superfícies lenticulares, interpretadas como a base de inserção foliar, mostram-se irregulares, variando suas feições de espécime para espécime. O fato de não haver uma superfície pré-determinada para uma ruptura foliar nesta forma indica que ela, provavelmente, possuía folhas perenes.

7.7.2. Discussão e Comparações

Ao revisar o material de *Cyclostigma kiltorkense* Haughton, Chaloner (1968) reestabelece o modelo de almofada foliar aceito até hoje para as formas do gênero *Cyclostigma*. Chaloner (1968) descreve a almofada foliar de *Cyclostigma* como sendo circular a sub-triangular arredondada, levemente saliente à matriz e possuindo um pouco acima do centro da almofada, uma pequena e arredondada protuberância, descrita como uma cicatrícula vascular única. Acima e ao lado desta cicatrícula estariam localizadas duas pequenas depressões (nem sempre visíveis) que representariam as cicatrículas dos paríquinos (FIG. 39). Estes vegetais possuiriam um processo de abscisão foliar onde a cicatriz foliar representaria toda a área da almofada foliar. Isto levou Thomas e Meyen (1984) a considerarem *Cyclostigma* como um gênero de cicatriz foliar ausente. Tais características da almofada foliar não são

compatíveis com as encontradas aqui. Nos espécimes em estudo, as almofadas assemelham-se as de *Cyclostigma* por suas dimensões, por serem circulares a subcirculares e por possuírem uma ampla área inter-almofadas. Entretanto, diferem por apresentarem-se divididas em duas áreas, uma maior, que ocupa quase toda a almofada, bastante saliente (ou como uma depressão, no caso das contra-impressões) e onde se pode verificar impressões celulares; outra superior, menor, lenticular, onde se encontra uma saliência anelar ou circular central (mamilo) e, por vezes, outras pequenas estruturas (FIG. 39). Além disso, não há sinais de abscisão foliar. Deste modo, a possibilidade de relacionar essa forma ao gênero *Cyclostigma* está praticamente descartada.

A porção estéril de *Pinakodendron*, segundo Chaloner (1968), é idêntica a de *Cyclostigma*, e pelas razões já expostas para *Cyclostigma* essa forma difere de *Pinakodendron*. Outra forma semelhante é *Bothrodendron*, também comparada por Dolianiti (1962). Porém, a forma em estudo difere de *Bothrodendron* pelas mesmas características já referidas para *Cyclostigma* e pela ausência de uma fosseta ligular nítida e externa a almofada foliar (FIG. 39). Assim sendo, essa forma não se assemelha tanto a *Cyclostigma* como a outras formas morfológicamente similares.

Apesar da falta de interpretação mais segura das estruturas observadas nas almofadas foliares desses espécimes, da ausência de estruturas férteis (estróbilos, esporófilos, etc.) ou anatômicas e da ausência de maiores detalhes sobre as folhas, é possível uma análise comparativa em termos morfográficos. O que chama atenção nessa forma são: a) a ampla área inter-almofadas; b) o arranjo lepidodendróide em baixo ângulo (30° a 35°) das almofadas; c) o pequeno tamanho dos caules e das almofadas; d) a possível perenidade das folhas. Estas características são primitivas entre as licófitas e são típicas de formas devonianas e de algumas formas permo-carboníferas angáricas. Estas últimas, na verdade, conservaram estes caracteres primitivos através do tempo. Entre as formas devonianas as mais próximas a essa são justamente *Cyclostigma* e outras afins já comparadas. Entre as angáricas destacam-se como formas similares: *Angarodendron*, *Ulodendron*,

Caenodendron, *Ursodendron* e *Viatcheslavia* (conforme Chaloner e Boureau, 1967; Meyen, 1972 e 1976; Thomas e Meyen, 1984; e Meyen, 1987). Destas, apenas *Ursodendron* e *Viatcheslavia* merecem análise mais acurada, devido ao arranjo e a morfologia de suas almofadas foliares que são similares aos dessa forma.

A morfologia das almofadas foliares de *Viatcheslavia* é extremamente semelhante às da forma estudada (conforme Chaloner e Boureau, 1967) (FIG. 39). As almofadas de *Viatcheslavia* também são divididas em duas regiões sendo a superior de formato lenticular e correspondente a base de inserção foliar (FIG. 39). Entretanto, as almofadas dessa forma diferem das de *Viatcheslavia* em alguns detalhes morfológicos, a saber: a) o contorno das almofadas foliares dessa forma são, principalmente na região médio-basal, muito tênues, o que não ocorre nas almofadas de *Viatcheslavia* de contorno sempre bem nítido; b) a região médio-basal das almofadas mostra-se sempre como uma saliência ou como uma depressão na matriz, em *Viatcheslavia* esta região sempre é plana em relação a matriz (Chaloner e Boureau, 1967, ver pág. 709, fig. 485); c) nessa forma a região superior lenticular ocupa uma área bem menor, em relação ao tamanho total da almofada, restringindo-se ao terço superior da mesma; em *Viatcheslavia* ela é maior, chegando a ocupar metade da área da almofada (FIG. 39); d) Em *Viatcheslavia* observam-se detalhes morfológicos nítidos, tais como uma fosseta ligular e cicatrizes de paricnos, que não podem ser visualizados e confirmados nessa forma (FIG. 39). As estruturas observadas na almofada foliar 1 da amostra 1179 (FIG. 39) lembram as feições presentes em *Viatcheslavia*, mas isto não garante que tenham correspondência. Esta mesma almofada inclusive foi interpretada como um possível corte proximal de uma folha (FIG. 39). Além disso, as feições que seriam correspondentes as de *Viatcheslavia* e que estão localizadas na região lenticular das almofadas dessa forma, mostram-se sempre como saliências na matriz, enquanto que, em *Viatcheslavia*, tais feições mostram-se, em geral, como reentrâncias.

Portanto, o estudo morfográfico detalhado das almofadas parece não demonstrar uma clara correspondência entre

ambas as formas. Junte-se a isto o fato de *Viatcheslavia* possuir, externamente, almofadas foliares dispostas muito próximas umas das outras, ou seja, com áreas inter-almofadas estreitas. Apenas as seções intermediárias do caule de *Viatcheslavia* é que possuiriam almofadas foliares com morfologia e filotaxia (áreas inter-almofadas amplas) comparáveis as da forma em estudo (conforme Chaloner e Boureau, 1967, pág. 709, fig. 485). Não se pode afirmar com exatidão se essa forma corresponderia ou não a uma seção intermediária de um caule. Mas a ocorrência de impressões celulares (cutícula) e de possíveis folhas conectadas indicam que esses espécimes provavelmente representam a porção externa de um caule. As células cuticulares dessa forma por serem retangulares e longitudinalmente enfileiradas diferem bastante das assinaladas para *Viatcheslavia* (i.e. *V.vorcutensis*) que são isodiamétricas e sem arranjo definido (Chaloner e Boureau, 1967, pág. 707, fig. 486).

Viatcheslavia é um gênero ainda mal definido, e considerando-se as interpretações atualmente aceitas, prefere-se manter essa forma como uma licófito apenas similar a esse gênero. *Viatcheslavia* seria uma licófito mais evoluída, com a superfície caulinar densamente ornada de almofadas foliares, de distribuição angárica e restrita ao Eopermiano. Tais características corroboram essa decisão.

Ursodendron foi um gênero criado por Radczenko, em 1960 (segundo Meyen, 1972) e emendado por Meyen, em 1972. Meyen (1976) indicou (op.cit. pág. 134) que as principais feições de *Ursodendron* são as almofadas foliares de contorno indistinto, a presença de uma grande área ligular e a ocorrência de folhas persistentes e , além da ausência de uma vesícula infra-foliar e de algumas outras pequenas estruturas de ornamentação das almofadas (quilhas e asa, segundo Meyen , 1976). Utilizando-se a chave de identificação proposta por Thomas e Meyen (1984) para os principais gêneros de licófitas do Neopaleozóico chega-se, a partir da observação dos espécimes estudados, ao gênero *Ursodendron*. A descrição de *Ursodendron*, segundo a chave de identificação de Thomas e Meyen (1984), seria a seguinte: "caules

com almofadas foliares liguladas (grandes lígulas axilares segundo Meyen, 1987), com folhas perenes, que divergem do caule, sem cicatriz foliar, de formato isodiamétrico ou alongado transversalmente, de contorno indistinto e áreas inter-almofadas amplas. As almofadas foliares dessa forma encaixam-se, de um modo geral, na diagnose de *Ursodendron*, exceto pela ausência de uma grande área ligular. Na verdade, *Ursodendron* mostra-se como um táxon pobre em caracteres, ainda mal compreendido. Impressões de espécimes mal preservados da forma estudada poderiam ser identificados como *Ursodendron*. Por exemplo, ao inverter as impressões mal preservadas de algumas almofadas dessa forma, a região cônica saliente das almofadas poderia representar a área ligular (Meyen, 1972, descreve a lígula de *Ursodendron* como uma projeção mamiliforme), e a região, transversalmente, alongada (área lenticular) a área da almofada propriamente dita, como descrito na diagnose de *Ursodendron* (VER FIG. 39). No entanto, as almofadas dessa forma possuem outras feições não observadas ou descritas para as formas de *Ursodendron*, tais como: saliências e cicatrizes da área lenticular, células epidérmicas e impressões das almofadas com contornos um pouco mais nítidos.

Devido ao exposto acima, mantém-se a afinidade dessa forma, ainda que tentativa, com aquelas de *Ursodendron*, por ser este um gênero de poucos detalhes morfo-estruturais conhecidos, cuja diagnose mais ampla pode, por enquanto, encaixar essa forma. Isto não ocorre com relação a *Viatcheslavia*, um táxon mais rico em detalhes e que possibilita assim delimitar melhor as diferenças existentes entre as formas. Além disso, *Ursodendron* é um táxon restrito ao Eocarbonífero e, portanto, de idade mais condizente com aquela atribuída aos sedimentitos da Formação Poti. É possível que tenha ocorrido, devido a fatores climáticos, um certo paralelismo morfológico entre as licófitas gondvânicas e angáricas durante o Neo-Paleozóico. (VER ITEM 9.1.3.). Neste caso, essa forma poderia representar um gênero endêmico do Gondwana, o que é mais provável.

7.8. *Triphyllopteris adiantoides*

7.8.1. Sinonímia, diagnose e descrição

Incertae Sedis

Gênero: *Triphyllopteris* Schimper, 1869
 Espécie-tipo: *Triphyllopteris collombiana* Schimper
Triphyllopteris adiantoides nov. esp.
 (fig. 40; est. 6)

Sinonímia:

1980 *Triphyllopteris alvaro - albertoi* Dolianiti, figs. 1
 e 2
 1986 *Fedekurtzia argentina* Césari, págs. 117 à 120

Material Estudado e descrito: Holótipo: DGM 1681 - Pb

Parátipos: DGM 1680 e 1682 - Pb

Procedência: afloramento 4 (Riacho do Roncador, Barra do Lança, PI).

Descrição Original

Dolianiti (1980) não descreveu formalmente estes exemplares, apenas fez uma breve descrição dos mesmos transcrita abaixo na íntegra:

"...Têm suas pínulas ligadas a uma haste que poderíamos considerar uma ráquis secundária, deixando entrever, pela disposição com que se apresentam, que as pínulas se inseriam, alternadamente, em uma haste relativamente delgada, e com espaçamento que varia de 10 a 13 mm. A inserção das pinas na ráquis principal, é de cerca de 45°". Dolianiti (1980, p. 167 e 168).

Diagnose da nova espécie

Fronde bipinadas, de tamanho médio. Pínulas grandes, alternas, bastante decorrentes e espaçadas entre si, obcuneadas, trilobadas em segmentos cuneiformes amplos de ápices truncados e inteiros. Pínulas do terço distal da pina, cuneiformes, estreitas, bilobadas e com ápices semi-arredondados passando a lanceolado-alongadas e simples no ápice. Venação densa, dicotômica, isotômica, atingindo a margem apenas nas porções distais da pínula. Lâmina foliar resistente.

Derivação do Nome: Em alusão ao formato das pínulas e de seus lobos que se assemelham ao das pínulas de *Adiantites*.

Descrição:

Fragmentos de frondes bipinadas de dimensões médias. Ráquis principal rígida, longitudinalmente estriada, medindo mais de 111,9 mm de comprimento por até 2,3 mm de largura (FIG. 40).

Pinas alongadas, imparipinadas, relativamente próximas entre si chegando mesmo a sobrepor-se, de inserção, aparentemente, alterna e em ângulo agudo, e com largura variando entre 18,2 mm e mais de 29,7 mm. Ráquis secundárias rígidas, estriadas, delgadas, que se tornam levemente flexuosas em direção ao ápice, com comprimento chegando a mais de 68,0 mm e largura variando de 0,9 a 1,7 mm, e portando de 10 a 11 pínulas por pina. (FIG. 40 ; EST. 6).

Pínulas grandes, decorrentes, inseridas de forma alterna, em ângulo agudo e, aparentemente, em planos ligeiramente distintos ao da ráquis, com espaçamento entre si que varia de 10,0 a 13,0 mm; de base bastante constrita e formato um pouco assimétrico, chegando a atingir, no máximo registrado, 24,9 mm de comprimento por até mais de 14,5 mm de largura (FIG. 40; EST.6). Pínulas da porção médio-basal da pina sendo obovadas a deltóides, trilobadas em segmentos cuneiformes amplos de ápices truncados e inteiros; passando no terço distal a pínulas cuneiformes estreitas, bilobadas de ápices semi-truncados a arredondados, até chegar, às pínulas lanceolado-alongadas e simples do ápice (FIG. 40; EST.6).

FIG. 40. *Triphyllopteris adiantoides*.

Comparações entre *T. adiantoides* (b, c, d, f, h), *Fedekurtzia argentina* (a, e) e *Triphyllopteris gothani* (g):

1 - Notar a estreita semelhança entre os tipos pinulares de *T. adiantoides* e *T. gothani* (c, f, d, h, g - setas); 2 - reparar que *F. argentina* tende a possuir as pínulas proximais inteiras (a - setas) e as demais bilobadas (e - setas menores) ou suavemente trilobadas (e - setas maiores), distinto do que ocorre em *T. adiantoides* e *T. gothani* (comparar com c, f, d, g). (a, e - modificado de Césari, 1986; b, c - DGM 1681 - Pb; d, f, h - DGM 1682 - Pb; g - modificado de Daber, 1959).

Escala - todos = 1 cm.

FIGURA 40

Venação densa (2 a 3 veias por mm), dicotômica, isotômica, derivada de um única veia basal que se bifurca de 5 a 7 vezes até atingir as margens distais da pínula. (FIG. 40).

Observações

1 - É duvidosa a ocorrência de 1 ou 2 vasos por ráquis secundária. Por vezes os dois feixes paralelos de vasos na ráquis poderiam ser interpretados como um paralelismo por curta distância entre o feixe principal e um feixe emitido para uma pínula qualquer, haja visto que este último é emitido de forma bastante decorrente; ou os dois feixes observados poderiam ser resultado de um efeito causado pelo acúmulo de película carbonosa nas bordas de um único feixe central de maior calibre;

2 - A inserção das pínulas parece ser feita em planos ligeiramente distintos ao da ráquis secundária, feição esta que se acentua em direção ao ápice das pinas. Parece haver mesmo uma inserção levemente tridimensional para as pínulas mais apicais.

7.8.2. Discussão e Comparações

Os espécimes aqui descritos foram referidos por Dolianiti (1980) como exemplares... "bem mais completos e mostrando detalhes que não tinham sido observados quando da descrição do material-tipo "... da espécie descrita por ele (1954) como *Adiantites alvaro-albertoi* e re combinada por Rigby (1969) no gênero *Triphyllopteris*. Contudo, esse material é bastante distinto daquele descrito por Dolianiti em 1954 como *Adiantites alvaro-albertoi*. Isto foi recentemente, notado por Césari (1986), que separou o material-tipo do aqui descrito, sinonimizando: o primeiro, *A. alvaro-albertoi* Dolianiti, 1954 a *Eusphenopteris sanjuanina* (Kurtz) Césari (1986: 120-122), e o segundo, *T. alvaro-albertoi* em Dolianiti, 1980 a *Fedekurtzia argentina* (Kurtz) Archangelsky (Césari 1986: 117-120). Estudo comparativo do material descrito por Dolianiti (1954 e 1980) permitiu confirmar que os espécimes citados por ele, em 1980, pertencem, realmente, a um táxon distinto. Na verdade, ambas as formas mereceram novas recombinações taxonômicas. O material tipo já foi descrito e

discutido dentro de *Adiantites* sp. Portanto, serão abordados apenas aqueles espécimes ilustrados por Dolianiti em 1980.

A presente forma é completamente distinta de *Adiantites alvaro-albertoi* Dolianiti (1954) por possuir: a) pínulas de tamanho muito maior, b) pínulas de formato deltóide a obcunhado; c) pínulas trilobadas em segmentos de base relativamente larga, ápice truncado a semi-truncado e com limbo amplo, d) nervação mais densa e mais fina, e) fronde, provavelmente, apenas bipinada, de ráquis sempre rígidas, ao contrário do que constata-se em alguns espécimes do material-tipo (FIGS. 29 e 40). Ressalta-se ainda que estas formas provêm de localidades diferentes e muito distantes entre si (FIG. 3).

Uma vez esclarecida esta dessemelhança, pode-se discutir mais a fundo a sinonímia estabelecida por Césari (1986). *Fedekurtzia* foi um gênero criado por Archangelsky (1981), a partir da espécie-tipo *F. argentina*, para frondes bipinadas descritas originalmente por Kurtz (1921) como *Archaeopteris argentina*. Archangelsky (1981) colocou em sinonímia outras frondes bipinadas existentes não só na Argentina, mas também no Peru (?*T. collombiana* de Jongmans, 1954) e na Austrália (?*T. austrina* de Morris, 1975). Césari (1986) ampliou a diagnose do gênero e, por conseguinte, da espécie-tipo *F. argentina*, sinonimizando também a esta *T. collombiana* ilustrada por Doubinger e Alvarez-Ramis (1980) e o material aqui descrito. A partir da diagnose original de *Fedekurtzia* nota-se que *T. adiantoides* difere desta por possuir pinas onde as pínulas basais são perfeitamente trilobadas e obovadas a deltóides, as médio-apicais, bilobadas, e as pínulas terminais, apenas unilobadas. Além disso, Archangelsky (1981: 1131) salienta que os caracteres que distinguem *Fedekurtzia* de *Triphyllopteris* (*T. collombiana*) são: a) o menor número de pínulas por pina (*Fedekurtzia* tem apenas 4 de cada lado da ráquis); b) a presença de pínulas inteiras ou apenas levemente lobadas na base das pinas, enquanto que as apicais são mais incisas formando lobos distintos (justamente o contrário do que se verifica em *Triphyllopteris*); c) a não ocorrência de pínulas necessariamente trilobadas; existindo muitas vezes pínulas apenas

bilobadas, principalmente na direção proximal da pina. Está perfeita a análise de Archangelsky, e estas feições também distinguem *Fedekurtzia* desta espécie, que demonstra maior afinidade com *Triphyllopteris*. Ao ampliar a diagnose do gênero, Césari (1986) salientou que a diagnose de Archangelsky correspondia apenas a descrição do setor médio-distal da fronde de *F. argentina*. Com relação aos demais setores da fronde descritos por Césari (1986), o único comparável a esta forma seria justamente distal. Entretanto, *T. adiantoides* não possui pina alguma cujas pínulas basais sejam ovais e de ápice emarginado a bilobado, e as subapicais apresentem as margens inteiras e arredondadas; como descrito por Césari. Além disso, esta espécie possuiria mais pínulas por pina (cerca de 5 a 6 de cada lado da pina) (VER FIG. 40).

Afora isto, *T. adiantoides* distingue-se, de modo geral, de *Fedekurtzia* (observando-se os espécimes argentinos) por possuir: a) pínulas na base das pinas não tão decorrentes e nitidamente espaçadas entre si (a disposição das de *Fedekurtzia* lembram, por vezes, aquela das de *Kremopteris*); b) pínulas, em geral, com os ápices (dos lobos) truncados a semi-truncados (apenas as pínulas terminais simples parecem possuir ápices arredondados), constituídas de lobos bem definidos, de limbo mais amplo e base relativamente mais constricta; c) pínulas terminais mais alongadas (FIG. 40). Todas as diferenças expostas acima são suficientes para distinguir esta forma de *F. argentina*, apesar de não haver uma fronde completa entre os espécimes aqui estudados.

O gênero com o qual esta forma demonstra maior afinidade é *Triphyllopteris*, considerando-se a nítida trilobação de suas pínulas e a estreita semelhança que existe entre estes dois tipos de frondes, já declarada por Archangelsky (1981: 1131) e Césari (1986: 119). Esta forma lembra também algumas espécies de *Aneimites* (principalmente, no sentido de White, 1943) e de *Adiantites* com pínulas sésseis. (Kidston, 1923; Walton, 1931). Porém, do primeiro gênero esta forma diferencia-se por ter pínulas, em geral, maiores, com lobos cujas bases de inserção são mais largas e os ápices menos arredondados, além de apresentar uma

fronde apenas bipinada e possuir uma ráquis principal, ao que parece, nunca geniculada. Do segundo gênero (formas de *Adiantites* curtamente pecioladas) diferencia-se basicamente por ter uma fronde no máximo bipinada, pínulas cujos lobos possuem uma base de inserção bastante ampla e pínulas terminais alongadas e simples. Sendo assim, *Triphyllopteris* é o gênero mais adequado para esta forma, apesar das pínulas desses espécimes não demonstrarem um limbo tão coriáceo ou côncavo-convexo como o referido na diagnose original de Schimper (1869).

De todas as espécies descritas para o gênero *Triphyllopteris* são mais similares, por possuírem pínulas trilobadas em segmentos de base ampla, as seguintes espécies: *T. rhomboidea*, *T. valida*, *T. virginiana*, *T. compacta*, *T. cuyana*, *T. collombiana*, *T. minor*, *T. alleghanensis* e *T. gothani*. Entretanto, esta forma é, respectivamente, distinta: de *T. rhomboidea* (Ettingshausen) Schimper (1869) por possuir pínulas basais obovadas a deltoídes e as apicais cuneiformes e uma nervação sem nervura mediana nítida (conforme Boureau e Doubinger, 1975); de *T. valida* (Dawson) Schimper (1869) por suas pínulas, no máximo, trilobadas, nunca quadrilobadas, as basais, de forma obovada a deltoíde, e as apicais, cuneiformes a alongadas; de *T. virginiana* (Meek) Read (1955) e *T. compacta* Jongmans, Gothan e Darrah (1937) e *T. cuyana* Leguizamón e Vega (1990) pela trilobação bem definida das pínulas que nunca chegam a formar mais do que três lobos, pelos ápices truncados das pínulas, e pela venação em cunha, nunca do tipo ciclopteróide; da espécie-tipo *T. collombiana* Schimper (1869), por possuir pínulas com limbo levemente côncavo-convexo, trilobadas, mas com seus lobos laterais quase tão desenvolvidos quanto o mediano, e de ápices truncados, e por ter as pínulas terminais alongadas; de *T. minor* Jongmans, Gothan e Darrah (1937), espécie próxima à *T. collombiana*, por suas pínulas de dimensões maiores, sendo as basais de ápices truncados, nunca arredondados e, ao que parece, nunca mais curtas do que as restantes, e as apicais subtriboladas a bilobadas; de *T. alleghanensis* (Meek) Read (1955) pelo maior tamanho de suas pínulas que são, no máximo,

trilobadas em segmentos de ápices truncados e não possuem lobos medianos bem mais desenvolvidos do que os laterais.

De todas as espécies, *T. gothani* Daber (1959) demonstrou ser a mais semelhante por apresentar, como a forma em estudo, pínulas perfeitamente trilobadas, com ápices truncados a semi-truncados e bases bastantes constrita. No entanto, a espécie estudada difere levemente daquela por apresentar um limbo aparentemente mais delicado (não tão coriáceo) e pela forma lanceolado-alongada das pínulas terminais que são relativamente mais longas e não tão estreitas como as de *T. gothani* (VER FIG. 40). Apenas o exame ao vivo de espécimes de *T. gothani* poderia confirmar uma possível sinonímia. As diferenças notadas entre ambas além da localização geográfica distinta, são suficientes para manter, por hora, essa forma como uma espécie distinta.

Os espécimes registrados por Doubinger e Alvarez-Ramis (1980) como *T. collombiana* para a Formação Ambó, Peru, mostram-se muito semelhantes aos de *T. adiantoides* por apresentarem, ao que parece, pínulas de trilobação bem definida e base bastante constrita. Porém, não se pode observar como se apresentam as pínulas terminais daquela forma, além do que, a espécie aqui descrita parece ter um limbo mais delicado. Devemos esclarecer que as ilustrações do material não são muito boas e não há descrição alguma sobre o mesmo, o que dificulta a comparação.

Portanto, com base nessa discussão justifica-se a criação de uma nova espécie, *T. adiantoides*. O epíteto específico escolhido é em alusão ao formato de seus lobos e mesmo pínulas que são muito semelhantes aos de algumas formas de *Adiantites*. Ressalta-se ainda a estreita semelhança que existe entre *T. adiantoide* e *T. gothani*, do Viseano Médio da Alemanha (segundo Daber, 1959).

Atente-se para as implicações que possam surgir ao classificar formas, como a aqui descrita, em táxons de afinidades euro-americanas ou gondvânicas, considerando-se que tais formas podem inclusive estar relacionadas aos antepassados das glossopteridales (VER ITENS 9.1.1., 9.1.3., 9.3. e 9.4.)

7.9. *Nothorhacopteris* sp. 1

7.9.1. Sinonímia e descrição

Incertae Sedis

Gênero: *Nothorhacopteris* Archangelsky, 1983
 Espécie-tipo: *Nothorhacopteris argentinica* Archangelsky
Nothorhacopteris sp.1
 (fig. 41; est. 6)

Sinonímia:

1980 *Rhacopteris* sp Dolianiti, fig. 3
 1986 *Nothorhacopteris argentinica* Césari, págs. 125 e 126
 1989 *Nothorhacopteris argentinica* Sessarego e Césari, pág. 260

Material Estudado e Descrito: DGM 1680 a e b - Pb

Procedência: afloramento 4 (Riacho do Roncador, Barra do Lança, PI).

Descrição

Dolianiti (1980: 167) descreve este exemplar de forma muito sucinta, por esta razão detalha-se mais aquela descrição através da que se segue abaixo:

Fragmento de fronde, aparentemente, monopinada. Ráquis principal robusta, rígida, sulcada longitudinalmente e, relativamente, larga, com, no máximo, 4,7 mm de largura; portando duas pínulas incompletas, a maior com mais de 16,2 mm de largura por 17,6 mm de comprimento, cuneiforme, ao que parece, simétrica, curtamente peciolada, imbricada, de bordos cata e anadrômicos lisos e levemente curvos, e de margem distal semi-circular e crenulada (Fig. 41). Venação dicotômica, isotômica, aberta, com um grande número de divisões muito próximas a porção basal da pínula e que a partir do terço inferior definem segmentos em forma de cunha; última dicotomia ocorrendo a dois terços do comprimento da pínula, medidos a partir da base. Limbo inteiro, aparentemente liso e pouco coriáceo (FIG. 41; EST. 6).

FIG. 41. Nothorhacopteris sp.1 e sp.2.

Comparações entre *Nothorhacopteris* sp.1 (b), *Nothorhacopteris* sp.2 (a, c, d); *Nothorhacopteris argentina* (e, i), *Anisopteris circularis* (h), *A. petiolata* (f) e *Nothorhacopteris* sp. do Altiplano Boliviano (g):

1 - observar que *N. sp.1* (b) assemelha-se mais as formas de limbo inteiro (e, g, h, i), apresentando maior similaridade com a *Nothorhacopteris* sp. do Altiplano Boliviano (g) devido a crenulação marginal mais grosseira assinalada em ambas as formas (b, g - setas); 2 - *N. sp.2* (a, c, d) assemelha-se mais as formas de limbo inciso, aproximando-se a *A. petiolata* (f), mas diferindo quanto a maior coriacedade de limbo. (a, c, d - GP/3E - 5683; b - DGM 1680 - Pb; e, i - modificado de Arrondo e Archangelsky, 1966; f - modificado de Walton, 1931; g - modificado de Suarez-Soruco e Azcuy, no prelo; h - modificado de Kidston, 1923).

Escalas - todos = 1 cm.

FIGURA 41

7.9.2. Discussão e Comparações

O espécime aqui descrito foi assinalado por Dolianiti (1980) como *Rhacopteris* sp. Posteriormente, outros pesquisadores (Césari, 1986; Sessarego e Césari, 1989) sinonimizaram este com *N. argentinica* Archangelsky (1983), devido a semelhança existente entre ambas as formas.

Nothorhacopteris foi um gênero criado por Archangelsky (1983) para frondes monopinadas similares entre si, existentes na região gondvânica e reunidas sob diversos nomes genéricos até então (*Otopteris*, *Aneimites*, *Rhacopteris*, e *Pseudorhacopteris*). Estas formas devido a suas pínulas inteiras, em geral, cuneadas a subcirculares, são comparáveis às de *Anisopteris* no sentido proposto por Oberste-Brink e Hirmer (segundo Hirmer e Guthörl, 1940). Entretanto, Archangelsky (1983) aponta as diferenças que as formas colocadas em *Anisopteris* (basicamente euro-americanas) teriam com relação as gondvânicas: pínulas assimétricas, pecioladas e de mesófilo fino, com um padrão de venação catadrômico bem desenvolvido de dicotomias simpodiais. Em contra partida, as formas gondvânicas reunidas sob a nova designação genérica, teriam como caracteres distintivos: pínulas (pelo menos as das porções basal e média da fronde) simétricas a quase simétricas, sésseis ou curtamente pecioladas, de limbo foliar (ou mesófilo) espesso, com venação dicotômica isotômica que se irradia a partir da base da pínula, finas estriações intervenais (lineações). Ele ressalta também que *A.circularis* (Walton) Hirmer e *A.semicircularis* (Lutz) Hirmer são as espécies mais próximas devido ao formato mais simétrico e ao padrão de venação de suas pínulas, diferindo, no entanto, nas demais características citadas acima.

Deste modo deixa-se claro os critérios utilizados para separação entre *Anisopteris* (antiga *Rhacopteris* de pínulas inteiras) e *Nothorhacopteris*. Isto faz-se necessário, pois existe, de um lado, uma antiga tendência de estabelecerem-se estreitas ligações entre as formas encontradas ao Norte do Gondwana, como esta, com aquelas provenientes da região euro-americana (Jongmans, 1954; Dolianiti, 1954, 1972, 1980; Rigby, 1969; Doubinger e

Alvarez-Ramis, 1980). Por outro lado, uma corrente de pensamento mais nova, procura relacionar estas formas com aquelas típicas do Gondwana, encontradas ao sul do continente (Rocha-Campos e Archangelsky, 1985; Archangelsky, 1986; Césari, 1986 e 1987; Sessarego e Césari, 1989). Devido a isto, deve-se atentar para as implicações que possam surgir ao classificarem-se formas como a aqui descrita em táxons de afinidades euro-americanas (por ex. *Anisopteris*) ou gondvânicas (por ex: *Nothorhacopteris*). Apenas um pequeno fragmento de fronde, não é o melhor exemplo para se levar adiante esta discussão. No entanto, discutir-se-á, no itens 9.1., 9.3. e 9.4. um pouco mais sobre o assunto, limitando-se agora a avaliar a forma aqui em questão.

O espécime aqui descrito demonstra a pínula maior bem desenvolvida e simétrica. Portanto, esta poderia ser considerada uma pínula da região média à basal da pina. Além disso, esta, ao que parece, é curtamente peciolada e possui uma venação dicotômica que se irradia a partir da base da pina. Estas feições são suficientes para excluí-la do gênero *Anisopteris* (Oberste-Brink) Hirmer e colocá-la no gênero *Nothorhacopteris*. No entanto, não observam-se as finas estrias intervenais e o limbo mostra-se pouco coriáceo, sendo bem menos espesso do que o das espécies descritas originalmente para o gênero *Nothorhacopteris*, como pode-se verificar na literatura consultada (Frenguelli, 1943 e 1946; Archangelsky e Arrondo, 1966; Arrondo, 1971; Archangelsky, 1983).

A ausência dos caracteres acima citados pode estar ligada a vicissitudes da preservação. Rex e Chaloner (1983) ressaltam muito bem como as diferenças na granulometria da matriz podem influenciar na forma final de um mesmo fóssil (através do efeito de compressibilidade da matriz). Megafósseis vegetais preservados em uma matriz arenosa, como a que contém o espécime aqui descrito, em geral, demonstram muito pouco de suas feições morfológicas mais delicadas, mas em compensação apresentam de modo mais claro feições relacionadas a estruturação tridimensional do fóssil. Isto ocorre devido ao fato da matriz ser constituída de uma textura mais grossa e por isso estar menos comprimida (ver Rex e Chaloner, 1983). Portanto, a falta das estrias intervenais nesse

espécime poderia ser explicada por esse artifício. Com relação ao limbo, nota-se que a venação é muito nítida e bem marcada, o que nunca ocorreu nos vários espécimes de *Nothorhacopteris* da Argentina e Bolívia examinados (amostras preservadas em argilitos e siltitos); por outro lado, esse espécime apresenta-se preservado na forma de uma compressão e uma contra-compressão bastante nítidas, sugerindo que o espécime possa ter fraturado-se, de modo a formar duas "compressões incompletas", conforme a designação de Rex e Chaloner (1983). Todas estas observações levam a crer que o limbo poderia ter sido mais coriáceo do que aparenta ser. Esta última conclusão poderia também ser extrapolada para os espécimes de *T. adiantoides*, presentes nestas mesmas amostras. Entende-se que o caráter espessura do mesófilo ou lâmina foliar é de suma importância para a tipificação das formas incluídas em *Nothorhacopteris*. Tendo em vista que, outras formas semelhantes da Europa e U.S.A., colocadas em *Anisopteris* ou *Rhacopteris*, apresentam-se também um tanto coriáceas. Contudo, existe uma visível diferença entre o grau do caráter coriáceo das formas euro-americanas e o das formas relacionadas a *Nothorhacopteris*.

Uma vez que, não se pode assinalar com total segurança a ocorrência de um limbo mais espesso ou a existência de estrias intervenais, limitou-se a classificação dessa forma apenas ao nível genérico, incluindo-a com a as devidas ressalvas no gênero *Nothorhacopteris*. Resultados mais conclusivos deverão aguardar até que um material mais completo e melhor preservado possa ser encontrado.

7.10. Nothorhacopteris sp. 2

7.10.1. Descrição

Insertae Sedis

Gênero: **Nothorhacopteris** Archangelsky, 1983
Espécie-tipo: **Nothorhacopteris argentinica** Archangelsky
Nothorhacopteris sp. 2
(fig. 41; est. 6 e 7)

Material estudado e descrito: GP/3E - 5683 a e b; 5684 a, b e c:
5685; e 5699.

Procedência: afloramento 3 (Salto de Pedra, Barra do Lança, PI).

Descrição

Fragmentos de frondes aparentemente monopinadas. Ráquis principal rígida, sulcada longitudinalmente e relativamente estreita, com, no máximo, 2,5 mm de largura, e portando pínulas alternas a subopostas.

Pínulas cuneiformes, dispostas em ângulos agudos sobre a ráquis, pecioladas, imbricadas, levemente assimétricas, de bordos catadrômicos recurvados em direção ao ápice da fronde e ligeiramente mais desenvolvidos do que os anadrômicos atingindo mais de 29,0 mm de largura por mais de 33,0 mm de comprimento (FIG. 41; EST. 6 e 7).

Limbo coriáceo, possivelmente estriado e profundamente inciso. Aparentemente, o limbo divide-se em dois a partir da região basal da pínula e subdivide-se, na região mediana e distal, em lobos menores, os quais podem terminar em uma bilobulação incipiente; o número de lobos distais varia de 4, nas pínulas apicais, a 12, nas basais, formando assim uma margem distal semi-circular e crenulada (FIG. 41; EST. 6 e 7).

Venação, possivelmente, dicotômica, isotômica, aberta, a última dicotomia ocorrendo na porção distal da pínula.

7.10.2. Discussão e Comparações

A forma aqui descrita, curiosamente, apresenta características intermediárias entre as formas colocadas em *Anisopteris* e *Nothorhacopteris*. Possui pínulas curtamente pecioladas e de limbo coriáceo e, provavelmente, estriado, como ocorre nas espécies de *Nothorhacopteris*. Por outro lado, suas pínulas são profundamente incisas, subdivididas em lobos menores, ligeiramente assimétricas, com os bordos catadrômicos um pouco mais desenvolvidos, características essas mais típicas de *Anisopteris* e *Rhacopteris* (sensu Hirmer e Guthörl, 1940). A diagnose original de *Nothorhacopteris* (Archangelsky, 1983: p. 167) não faz qualquer restrição a inclusão de formas com pínulas de limbo inciso no gênero. Entretanto, na prática nota-se que: a) todas as espécies até hoje descritas para *Nothorhacopteris* possuem pínulas de limbo inteiro, nunca diviso, mesmo distalmente; b) *Rhacopteris szajnochai*, uma racopteróide de limbo inciso descrita por Arrondo (1971), nunca foi sinonimizada a *Nothorhacopteris* pelos pesquisadores argentinos. Um outro aspecto interessante dessa forma é a ocorrência de uma ráquis principal bastante estreita com relação as dimensões das pínulas. Normalmente, pínulas assimétricas estão presentes na porção apical da fronde de *Nothorhacopteris* (ver Archangelsky e Arrondo, 1966). Portanto, a presença de uma ráquis estreita suportando pínulas assimétricas seria indicativo de que esses espécimes poderiam representar apenas porções apicais da fronde. Porém o tamanho das pínulas nesses espécimes é grande, quando comparado ao das pínulas das regiões apicais das demais espécies de *Nothorhacopteris*. Suas pínulas estão na verdade, entre as maiores já registradas para as formas sul-americanas de *Nothorhacopteris*, sendo, na maioria das vezes, maiores do que as das regiões médio-basais das frondes das demais espécies conhecidas. Por isto, talvez os espécimes representem fragmentos de porções mais proximais da fronde (médio-apicais?).

Pelo exposto até agora, nenhuma espécie descrita para *Nothorhacopteris* seria comparável a essa forma. Por outro lado, o espécime descrito por Walton (1926) como *Rhacopteris* cf.

petiolata, (*Anisopteris* conforme Hirmer e Guthorl, 1940), proveniente do Carbonífero Inferior da Inglaterra (Gwaenysgor), assemelha-se muito a esses espécimes. Como ocorre nessa forma, *Rhacopteris* cf. *petiolata* Walton (1926) possui uma ráquis relativamente estreita que suporta pínulas curtamente pecioladas, profundamente incisas em lobos que se subdividem em lóbulos, sendo que estes apresentam, distalmente, uma bilobulação incipiente. Entretanto, essa forma demonstra pínulas menos assimétricas e, possivelmente, mais coriáceas do que as da forma de Walton (1926). (FIG.41). De qualquer modo, são formas similares e por isso, obrigatoriamente, comparáveis. Apenas o encontro de espécimes melhor preservados e mais completos dessa forma, e o exame do espécime de Walton (1926) e de outros afins (*Rhacopteris petiolata* de Kidston, 1923) poderia esclarecer o grau de similaridade entre estas formas.

Portanto essa forma é de difícil classificação, especialmente, por apresentar espécimes muito incompletos e mal preservados. Por ora, é referida, embora com dúvidas, ao gênero *Nothorhacopteris*, por apresentar algumas características, especificamente, inerentes às formas deste gênero, tais como, limbo coriáceo e estriado e uma distribuição gondvânica. Contudo não se deve esquecer sua similitude com algumas formas euro-americanas.

Espécimes mais completos demonstrando pínulas com limbo inciso e assimétrico já foram coletados na Argentina. Apesar de permanecerem inéditos, alguns exemplares depositados na coleção de paleobotânica do "Museo de Ciencias Naturales de La Plata" puderam ser observados pelo Autor durante visita àquela instituição em outubro de 92 (EST. 6). Acredita-se que o estudo pormenorizado destas formas e a aquisição de espécimes melhor preservados, poderia fornecer soluções ao problema da classificação taxonômica dessas formas.

7.11. Cúpulas

7.11.1. Descrição

Classe: Pteridospermopsida
Ordem: Pteridospermales
Família: Lyginopteridaceae?
Gênero: *Stannostoma* Long, 1960
? *Stannostoma* sp.
(fig. 42; est. 7)

Material examinado e descrito: DGM - Pb 1006

Procedência: Sondagem 125 (Teresina-PI).

Descrição

Estruturas cupulares fragmentadas, oblongas, de mais de 8,5 mm de comprimento por até 6,0 mm de largura, sustentadas por um eixo ou pecíolo de 1 mm de largura com mais de 7,0 mm de comprimento. As cúpulas são compostas de um conjunto de lobos (entre 5 e 7) que se encontram fundidos no terço basal e livres em direção ao ápice, ocupando cerca de 2/3 do comprimento total da estrutura. Os lobos são simples ou divididos, em pelo menos, dois lóbulos, possuem ápices sempre agudos, e largura na base entre 0,3 e 1,3 mm e comprimento entre 3,2 e 4,5 mm (FIG. 42; EST. 7). Um exemplar demonstra finas estriações ao longo de toda a estrutura e outros dois apresentam, na porção médio-basal da cúpula, duas áreas deprimidas, de contorno ovalado e de comprimento entre 2,9 e 3,1 mm e largura entre 1, 1 e 1,3 mm (FIG. 42; EST. 7).

Observações

1 - A compressão de uma estrutura delicada pode conduzir a deformações que, por sua vez, alteram formas e dimensões de parte ou de toda a estrutura. Por exemplo, a largura da cúpula "C" (VER FIG. 42) parece ser exagerada com relação a dos outros exemplares. Isto pode ser atribuído a um maior achatamento

FIG. 42. ?*Stannostoma* sp.

Comparações entre ?*Stannostoma* sp. (a, b, c, d,) e outros gêneros de cúpulas do mississipiano da região euro-americana: *Stannostoma* (e, f), *Genomosperma* (g), *Calathospermum* (h), *Lagenospermum* (i) e *Calathiops* (j):

1 - Observar que ?*Stannostoma* sp. assemelha-se a todos os tipos apresentados; 2 - notar a possível região de inserção dos óvulos (no mínimo, dois) em ?*Stannostoma* sp. (b, d. - setas); 3 - A possível ocorrência de dois óvulos por cúpula em ?*Stannostoma* sp (b, d) aproxima essa forma de *Stannostoma* (e, f) que possui um número par de óvulos (e - setas) e a distancia das demais formas que são uniovuladas (g, i) ou poliovuladas (h, j). (a, b, c, d - DGM 1002 - Pb; f - reproduzido de Long, 1962; e, h - reproduzidos de Andrews, 1963; g - reproduzido de Meyen, 1987; i - reproduzido de Gensel e Skog, 1977; j - reproduzido de Benson, 1935).

Escala - todos = 1 cm.

FIGURA 42

da mesma, o que é notado através da ocorrência de outras feições, tais como estriações longitudinais e espalhamento dos lobos na região apical (normalmente, eles encontrar-se-iam unidos no ápice da cúpulas como ocorre nos exemplares A e B). Diferentes graus de maturação das cúpulas poderiam ser responsáveis pelos diferentes graus de achatamento..

2 - As áreas deprimidas que ocorrem em duas das cúpulas estudadas (cúpulas B e D) por sua localização basal e formato ovalado podem ser interpretadas como regiões ovulares. Neste caso as cúpulas conteriam, pelo menos, 2 óvulos relativamente grandes por cúpula. Esta interpretação é especulativa e tentativa, sendo, por enquanto, o único indício a respeito do arranjo interno de nossas cúpulas.

Discussão e Comparações

Estes espécimes apesar de fragmentados e preservados apenas por compressão/impressão são comparáveis a várias formas de cúpulas assinaladas, principalmente para o Carbonífero Inferior da região Euro-americana. Das formas examinadas, *Geminitheca*, *Lagenospermum*, *Calathiops*, *Calymmatotheca*, *Calathospermum* e *Stannostoma* são as que se mostraram mais semelhantes por possuírem cúpulas de formato aproximadamente oblongo, dissecadas em lobos e pelas dimensões.

Porém, uma grande semelhança com as essas formas pode ser quanto ao número de óvulos. *Geminitheca* segundo Smith (1959) possuiria apenas dois óvulos por cúpula. Essa forma pode também apresentar pelo menos dois óvulos por cúpula, como descrito acima. Entretanto, essa forma distingue-se de *Geminitheca* Smith (1959), por não apresentar cúpulas divididas em dois lobos primários desde a base da estrutura e por não possuir emergências sobre os eixos de sustentação ou sobre os lobos das cúpulas.

As cúpulas de *Lagenospermum* (Arnold) Gensel e Skog (1977) lembram muito as dessa forma. No entanto, essa forma diferencia-se das daquele gênero por: a) não demonstrar lobos separados desde a base da cúpula, apenas a partir do final de terço proximal; b) apresentar lobos, no máximo, bilobulados (em

Lagenospermum eles podem ser várias vezes lobulados); c) possuir lobos com ápices sempre agudos, nunca arredondados; e d) por, aparentemente, apresentar mais de um óvulo por cúpula (em *Lagenospermum* ocorre apenas um óvulo por cúpula). Esta última característica seria de significativa importância como ver-se-á adiante (FIG. 42).

De *Calathiops* Goeppert, 1864 (segundo Benson, 1935), forma menos aparentada, essa forma distingue-se por: apresentar cúpulas mais curtas, cujos lobos ocorrem em menor número, são bem mais curtos e largos, não individualizados desde a base, aparentemente, serem não valvados e de ápices sempre agudos que, por vezes, são bifurcados. Além disso, *Calathiops* é uma forma multiovulada, enquanto essa forma seria apenas biovulada(?) (VER FIG. 42).

De *Calymmatotheca* Carpentier, 1911 (segundo Cúneo, 1990) essa forma diferencia-se por não apresentar glândulas ou pêlos inseridos ao longo da cúpula (este caráter é comum a várias espécies deste gênero, segundo Walton, 1940, e Stewart, 1985); não demonstrar lobos livres desde a base, que são mais largos, sem estrias transversais e subdivididos em lóbulos (conforme Seward, 1962 e Carpenter 1925); possuir, ao que parece, dois óvulos por cúpula (em *Calymmatotheca* as espécies ovuladas descritas possuem apenas um único óvulo por cúpula; segundo Carpentier, 1925; Walton, 1940; e Stewart, 1985).

Essa forma distingue-se de *Calathospermum* Walton (1940 e 1949) e *Calathiopsis* (uma forma próxima), por possuir cúpulas menores com lobos, distalmente, livres apenas a partir do terço basal, bifurcados e de ápices agudos; e por não apresentar, aparentemente, um grande número de pequenos óvulos por cúpula. Na verdade, *Calathospermum*, bem como *Geminitheca*, são formas diagnosticadas a partir de espécimes petrificados que conservam seus caracteres anatômicos preservados. Isto os torna formas menos comparáveis a essa apesar da semelhança encontrada (VER FIG. 42).

Stamnostoma Long (1960) apesar de ter sido um gênero inicialmente, criado a partir de espécimes petrificados e, por conseguinte, baseado em caracteres anatômicos, possui excelentes

espécimes conservados por compressão (Long, 1962; e Scott e Meyer-Berthaud, 1985). Estes espécimes são muito similares aos estudados. Superficialmente, *Stannostoma* assemelha-se muito a nossa forma pelo fato de possuir lobos bífidos, relativamente largos, e que surgem em diferentes alturas ao longo da estrutura cupular. Em *Stannostoma*, parece existir, como ocorre nessa forma ao menos dois óvulos por cúpula, senão mais (Long, 1962, 1960: 483). No entanto, essa forma difere por: a) possuir alguns lobos indivisos distalmente; b) apresentar, aparentemente, um menor número de lobos e de segmentos terminais (*Stannostoma* possuiria 16 ou mais pequenos segmentos terminais, segundo Long, 1960 e 1962; a forma aqui estudada poderia apresentar, considerando um número de 7 lobos bifurcados, no máximo 14 segmentos terminais, entretanto, sabe-se que nem todos os lobos bifurcam-se, por isto este número seria menor); c) não apresentar uma cúpula subdivida desde a base em dois lobos principais. Essa forma parece não demonstrar uma organização cupular tão bem definida quanto a de *Stannostoma*, onde dois lobos basais dividem-se para dar origem a 4 lobos que, por sua vez, dividem-se originando 8 lóbulos que, distalmente, terminam em 16 pequenos ápices agudos (conforme Long, 1960). (VER FIG. 42)

Em termos de América do Sul vale a pena comparar essa forma à única estrutura cupular semelhante até hoje descrita. Trata-se de um exemplar proveniente do Neocarbonífero da Argentina (Formação Mojón de Hierro, Província de Chubut), descrito por Cúneo (1990) como *Calymnatotheca*. O espécime argentino é bastante similar aos estudados, apresentando dimensões semelhantes, lobos estriados unidos na base, e um pecíolo de sustentação de mesmo calibre. No entanto, nos exemplares aqui descritos as cúpulas são mais estreitas e sustentam lobos mais curtos que nem sempre são bifurcados e não sugerem presença de nervura mediana. Além disso, o espécime Argentino não demonstra qualquer indício sobre a possível quantidade e/ou tamanho dos óvulos. Porém, deve-se ter em mente a grande similaridade entre estas formas.

Cúneo (1990: 32) identificou o espécime como do gênero *Calymnatotheca*, por ser este um táxon originalmente descrito com

base em compressões e impressões, e por ter sido este tipo de frutificação encontrado na Europa em íntima e constante associação com frondes do gênero *Eusphenopteris*, como na amostra argentina¹. Entretanto, *Calymmatotheca* está associada a um grupo de cúpulas que são multiovuladas (segundo Benson, 1935) e/ou uniovuladas (segundo Walton, 1940; Stewart, 1985), o que não pode ser discutido no caso do espécime argentino. Com relação aos nossos espécimes descritos existem indícios que nos levam a sustentar a ocorrência de pelo menos dois óvulos por cúpula. Portanto, não se poderia por isso e pelo que já foi exposto acima associar, por enquanto, essa forma a *Calymmatotheca*.

Pela ausência de maiores detalhes morfológicos fica difícil assinalar essa forma a qualquer um desses gêneros. Morfograficamente, essa forma aproxima-se mais de *Geminitheca*, *Lagenospermum*, *Stannostoma* e da forma argentina.

O caráter número de óvulos por cúpula parece ser um critério essencial para separação das diferentes formas. Meyen (1987) separa as estruturas cupulares em dois grupos que definem linhagens evolutivas distintas: as bilateralmente e as radialmente simétricas. Dentre os critérios utilizados para a separação entre um grupo e outro está o número de óvulos por cúpula. Assim formas multiovuladas como *Calathospermum* são consideradas como radialmente simétricas. Formas biovuladas como *Stannostoma* são bilateralmente simétricas. Formas uniovuladas podem estar relacionadas a um grupo ou a outro, dependendo das outras características presentes na cúpula e/ou no óvulo. Tendo isto em mente, *Geminitheca* e *Stannostoma* seriam as formas mais próximas a descrita por possuírem, pelo menos, dois óvulos por cúpula, ou seja, por serem bilateralmente simétricas. O fato de não terem sido constatadas emergências ou pêlos sobre as cúpulas ou seus pecíolos, indicamos *Stannostoma* como a forma mais próxima. Ciente das diferenças encontradas assinala-se com dúvidas essa forma a este último gênero. Apenas espécimes melhor preservados poderão elucidar o problema taxonômico existente.

¹ Cúneo assinalou que seu espécime diferencia-se das formas de *Calymmatotheca* por apresentar lobos distalmente bifurcados. Isto pode indicar que existe um grau de diferenciação entre as formas européias e as sul-americanas.

7.12. Outras Formas

Os exemplares atribuídos a *Sphenopteridium* e *Cardiopteridium* por Dolianiti (1954) constituem-se em restos bastante fragmentados e incompletos logo, a presença destes táxons na flora pode ser assinalada somente com dúvidas (VER FIG. 25). Os restos de *Cardiocarpon* assinalados inicialmente por Oliveira (1935) não podem ser seguramente referidos a sementes quanto mais a um gênero determinado qualquer (VER FIG. 25). Fósseis de esfenófitas foram encontrados, demonstrando a existência deste grupo vegetal nesta flora. Infelizmente, os espécimes não permitem uma identificação segura ao nível genérico, mas apenas ao nível de família (i.e. Calamitaceae). Outros fitofósseis muito interessantes que apresentam-se achatados, sempre lineares e com uma única veia média fina, lembram raízes rizomáticas (Pfefferkorn, com.pess., 1991, confirmou esta possibilidade e o fato de existirem formas semelhantes na Argentina). O único possível exemplar de *Lepidodendropsis* existente na flora encontra-se extraviado da coleção do DNPM-Rio e portanto não foi possível examiná-lo (VER FIG. 25).

Essa revisão levou a uma redução no número de táxons existentes na flora, porque certas identificações baseavam-se em um ou mais espécimes muito mal preservados, que não podiam assegurar a presença de uma determinada entidade taxonômica. Isto conduzia a uma diversidade e de uma distribuição de táxons não comprovadas para esta flora.

8 - Resultados Palinológicos

A preparação palinológica das amostras 1, 2, 3, 4, 5, e 8 revelou que elas são praticamente todas estéreis, não apresentando nenhum palinomorfo inteiro ou claramente identificável. No entanto, toda a matéria orgânica existente nessas amostras, foi, preponderantemente, do tipo lenhosa indeterminada. Isto indica uma influência terrestre nos depósitos e a provável existência de carvão na área (Quadros, 1975; e Chen et al., 1987).

Apenas as amostras 6 e 7 apresentaram resultados satisfatórios que são descritos abaixo:

8.1. Amostra 6

Procedência: Afloramento 4 (Riacho do Roncador, Barra do Lança, PI) (VER EST. 8)

Caracterização palinológica da amostra*

- *Punctatisporites* sp. (várias formas)
- *Laevigatosporites* sp. (várias formas)
- *Foveosporites* sp. ?
- *Apiculatisporites* sp. (várias formas)
- *Verrucosisporites* sp. (várias formas)
- *Botryococcus* sp.
- *Verrucosisporites* 2411
- *Auroraspora* sp. ?

Palinoassociação

Ocorre uma grande quantidade de esporos lisos, seguidos por uma frequência razoável de verrucosos e apiculados, alguns poucos punctados e raras formas de *Foveosporites* sp. e *Auroraspora* sp. Os verrucosos são de dois tipos: os de corpos totalmente ornamentados, menos comuns, e os ornamentados apenas na porção distal do corpo, mais abundantes na associação.

* Segundo Lanzoni e Magloire, 1969; e Daemon, 1974.

Bioestratigrafia e geocronologia

Como forma-guia ocorre na amostra, em baixa frequência, apenas *Verrucosisporites* 2411 indicando Viseano (conforme Lanzoni e Magloire, 1969). A boa frequência de verrucosos, bem como a morfologia destes, também corrobora com uma idade viseana para amostra.

Matéria Orgânica e Demais Elementos Associados

A matéria orgânica ocorre em pouca quantidade e é praticamente toda do tipo lenhosa indeterminada, o que indica, por um lado, uma influência continental no depósito e, por outro, a presença de carvão na área ou a ocorrência de diabásios próximos ao afloramento (conforme Quadros, 1975; e Chen et al., 1987). A presença de carvão é a alternativa mais correta neste caso.

Botryococcus sp. indica águas doces a, no máximo, salobras, o que, combinado ao tipo de matéria orgânica e a ausência de quaisquer elementos marinhos, mostra uma grande influência terrestre para o depósito (segundo Daemon comun. pess., 1992).

8.2. Amostra 7

Procedência: Afloramento 4 (idem amostra 6) (VER EST. 8)

Caracterização Palinológica da amostra*

- <i>Laevigatosporites</i> sp.	- <i>Verrucosisporites</i> 2904 ?
- <i>Grandispora daemonii</i>	- <i>Lycospora</i> sp.
- <i>Grandispora</i> F-2043	- <i>Verrucosisporites</i> 2889 ?
- <i>Maranhites brasiliensis</i>	- <i>Apiculatisporites</i> sp.
- <i>Botryococcus</i> sp.	- <i>Phyllothecotrilletes</i> 840
- <i>Verrucosisporites</i> 2887 ?	- <i>Knoxisporites</i> 3204
- <i>Reticulatisporites</i> F-2333	- <i>Speleotrilletes</i> sp.
- <i>Calamospora</i> sp.	- <i>Grandispora</i> F-2065
- <i>Punctatisporites</i> sp.	- <i>Auroraspora</i> sp.?
- <i>Verrucosisporites</i> sp.	- <i>Schopfipollenites</i> sp.

* Segundo Lanzoni e Magloire, 1969; Daemon, 1974; e Loboziak e Alpern, 1978.

- *Vallatisporites* sp.
- *Densosporites* 3241 ?
- *Reticulatisporites* F-2421
- *Foveosporites* sp.
- *Raistrikia* sp.
- *Anulatisporites* sp.
- *Spelaeotriletes* F-2507 ?
- *Vallatisporites* F-2357 ?

Palinoassociação

Ocorrem com boa frequência esporos lisos, seguidos por verrucosos e apiculados. Aparecem alguns restos de algas (*Botryococcus* sp.). e murornados, sendo raros os zonados, os cavados e outros. Ocorre também uma certa quantidade de formas do Devoniano Superior (*Grandispora* F-2043, G.F-2065, *G. daemonii*, *Maranhites brasiliensis*, e *Reticulatisporites* F-2333) interpretadas como retrabalhadas.

Bioestratigrafia e Geocronologia

Todos os esporos-guia encontrados: *Verrucosisporites* 2887?, V. 2889?, V. 2904?, *Vallatisporites* F-2357?, *Phyllothecotriletes* 840, e *Reticulatisporites* F-2421 (em boa frequência); estão restritos ao Viseano, sendo mais abundantes ou exclusivos (P. 840 e R. F-2421) do Viseano Superior (conforme Daemon, 1974 e Lanzoni e Magloire, 1969). Tendo em mente, a associação existente, e a diversidade e frequência dos esporos-guia encontrados, indica-se o Viseano Superior (biozona XII de Daemon, 1974) como a idade para a amostra. Em termos, geocronológicos vale a pena ressaltar que uma recente reavaliação do zoneamento palinoestratigráfico proposto por Daemon (1974) para a Bacia do Parnaíba, feita por Loboziak et al. (1992), considerou os sedimentos da Formação Poti como restritos ao Tournaisiano. Neste caso as biozonas XI e XII estariam localizadas no Tournaisiano Superior. Porém, durante estágio do Autor no NEXPAR foi possível verificar que formas-guia de biozona XII de Daemon (1974) como *Phyllothecotriletes* 840 e *Reticulatisporites* F-2421, encontram-se ausentes nas amostras estudadas por Loboziak et al., (1992). Isto faz supor que essas amostras provieram de níveis ligeiramente acima daqueles posicionados por Loboziak et al (1992) no topo da Formação Poti e considerados por eles como sendo do

Tournaisiano Superior. Caputo e Melo (comuns. pess., 1992), co-autores do trabalho de Loboziak et al. (1992) confirmaram que, possivelmente, os sedimentos do topo da Formação Poti não foram analisados por Loboziak e Streel (in Loboziak et al. 1992). Sendo assim, o mais certo é considerar por hora essas amostras como de idade viseana, por corresponderem a níveis acima daqueles considerados por Loboziak et al. (1992) como sendo do Tournaisiano Superior.

Matéria Orgânica e Demais Elementos Associados

Idem ao da lâmina 6. Salienta-se o fato de encontrarem-se raros restos de matéria orgânica celular e traqueítica, que corroboram no sentido de uma influência terrestre. Foram encontradas também umas poucas formas de *Maranhites brasiliensis* (elemento marinho) que são, nitidamente, retrabalhadas.

8.3. Contagem de Palinomorfos das Lâminas 6 e 7

Com relação às lâminas 6 e 7 tem-se que: a) a riqueza de formas; b) o fato de pertencerem a dois diferentes níveis de um mesmo afloramento; c) e a ocorrência de uma megaflora associada; justificam a realização de uma contagem de formas para que se aprofundem os estudos destas amostras. Deve-se ressaltar que a contagem foi parcial, restringindo-se a 100 palinomorfos por lâmina.

Resultado da Contagem na Lâmina 6

O nível de coleta da lâmina 6 corresponde no afloramento a uma lente carbonosa e deve representar, teoricamente, uma associação autóctone devido ao momento deposicional de baixa energia. (VER FIG. 43). Nesta lâmina encontra-se uma grande porcentagem de esporos triletes lisos (56%) que dominam a associação; seguem-se as formas apiculadas (17%) e verrucosas (16%) e um menor número de fragmentos de colônias de *Botryococcus sp.* (11%) (Fig. 43). A associação demonstra ser conservadora, pois os elementos lisos representam formas primitivas entre os esporomorfos. Além disso, os esporos lisos

FIG. 43. Contagem dos palinomorfos das lâminas 6 e 7 do afloramento 4.

estão vinculados a grupos de vegetais higrófilos (psilófitas, licófitas, articuladas e fetos verdadeiros), que por viverem às margens dos corpos d'água, deveriam estar melhor representados em um momento de baixa energia como este, o que pode ser constatado.

Resultado da Contagem na Lâmina 7

A amostra da lâmina 7 provém de uma camada de arenito síltico apresentando internamente pequenas lentes de areias finas formando uma estruturação do tipo "lisen". Ocorrem, no mesmo pacote, estruturas do tipo "climb" (VER FIG 43). Portanto, este nível representa um momento de maior energia, onde teria ocorrido maior transporte. Por isso, espera-se maior representatividade da diversidade microflorística da área nesta amostra, com ocorrência de maior porcentagem de elementos transportados das áreas vizinhas (associação mais alóctone).

Realmente isto pode ser constatado. Com relação a amostra do nível 6, decai a porcentagem de esporos lisos (39%) e aumenta a de verrucosos (28%) e a de apiculados (24%) que representam elementos higrófilos a higro-mesófilos (pteridófitas e outros). Surgem também alguns representantes de outras subturmas - murornados (3%) e zonados (2%) - os quais devem estar relacionados a vegetais mesófilos (pteridospermas e progymnospermas) que habitam locais um pouco mais afastados dos corpos d'água, ou a vegetais que habitavam locais mais afastados do sítio deposicional (FIG. 43)

É interessante também observar a queda no número de fragmentos de *Botryococcus* sp. (Fig. 43) o que condiz com um momento deposicional mais energético, pois estas algas acumulam-se em ambientes de águas calmas ou paradas.

9 - Discussão

9.1. Possíveis relações filéticas de alguns elementos da flora

9.1.1. Relação de *Diplothemema* com outros grupos vegetais

Vários pesquisadores têm associado a folhagem do tipo *Diplothemema*, seja por sua abundância dentro dos mesmos níveis estratigráficos, seja pela estrutura de sua fronde, a gêneros lenhosos da ordem das Lyginopteridales e Calamopityales, a saber: *Heterangium* (Walton, 1940); *Stenomyelin* e *Kalymma* (Taylor, 1981); e *Chapelia* (Stewart, 1985). Estas ordens (ou famílias de Pteridospermales, segundo Stewart, 1985) teriam representantes que viveram do Devoniano Superior ao Carbonífero Inferior a Médio, no caso das Calamopityales, e do Carbonífero Inferior ao Carbonífero Superior, no caso das Lyginopteridales (Meyen, 1987; e Stewart, 1985).

As Calamopityales são um grupo de vegetais que pode estar associado às linhas evolutivas que para alguns deram origem as Cycadales (Stewart, 1985) através das Medullosaceae; e para outros, originaram, diretamente, as Glossopteridales e indiretamente, através das Callistophytales e Peltaspermales, as Ginkgoales (Meyen, 1987). As Lyginopteridales, por sua vez, teriam originado, segundo Stewart (1985), as Caytoniales, um funil evolutivo (grupo mesozóico extinto); mas para Meyen (1987) poderiam representar o mais primitivo grupo das Cycadopsidas, o qual teria dado origem, através das Medullosales, às Cycadales e Bennettitales. Para Taylor (1981), no entanto, as Calamopityales representam um grupo que teria evoluído, de um lado, para fetos com sementes do grupo das Lyginopteridales e, por outro, para as Medullosales. Meyen (1987) admite que existe uma estreita relação entre as formas mais primitivas de Calamopityales e Lyginopteridales e por isso estas duas ordens poderiam ter evoluído a partir de um mesmo grupo basal, possivelmente das Archaeopteridales. De qualquer modo, formas do morfo-gênero *Diplothemema* estariam relacionadas a estas duas últimas ordens.

Mariopteris, por exemplo, uma forma mais evoluída do grupo das *Diplothemema-Mariopteris-Palmatopteris*, foi assinalada por Meyen (1987) como pertencente as *Trigonocarpales* (*Medullosales*), um grupo descendente direto das *Lyginopteridales*, segundo o mesmo autor.

Do ponto de vista da evolução paleoflorística da América do Sul é interessante ressaltar a possível relação entre as *Calamopityales* e as *Glossopteridales*. Meyen (1987) chama atenção (op. cit. pág. 162) para o fato de frondes do tipo *Triphyllopteris* e *Sphenopteridium*, morfo-gêneros também associados por ele as *Calamopityales*, serem registradas no Gondwana para estratos abaixo daqueles que contém as primeiras *Glossopteridales*. *Triphyllopteris*, em termos de América do Sul, teria sido uma forma de ampla distribuição ao norte do continente durante o Carbonífero Inferior, ocorrendo nas Floras de Paracas, no Peru, Belém, na Bolívia, e da Formação Poti, no Norte do Brasil (Jongmans, 1954; Rigby, 1969; Alvares-Ramis e Doubinger, 1980; Dolianiti, 1980; Iannuzzi et al., 1989; Iannuzzi e Rösler, 1993). Para *Diplothemema* existem apenas duas espécies descritas para a América do Sul mas, também de ampla distribuição espacial e temporal. Estas espécies foram assinaladas para depósitos que variam em idade, desde o Carbonífero Inferior ao Carbonífero Médio-Superior, e ocorrem no Peru, Norte do Brasil e Argentina (Leguizamón e Archangelsky, 1981; Archangelsky e Cúneo, 1991; Pfefferkorn, comun. pes., 1991) (VER ITEM 9.2.).

Portanto, as evidências em termos de abundância relativa, idade e distribuição geográfica das ocorrências de táxons relacionados com a *Calamopityales* e/ou *Lyginopteridales* (*Triphyllopteris* e *Diplothemema*) a nível dos depósitos sul-americanos, só vem corroborar a hipótese de Meyen (1987). São necessários ainda muitos estudos e o encontro de formas intermediárias ("os elos perdidos"), de frutificações e/ou de espécimes com estruturas anatômicas preservadas. Porém, talvez estejamos aqui, diante de formas relacionadas aos antepassados do enigmático grupo das *Glossopteridales*. (VER ITENS 7.8.2. e 9.4.).

9.1.2. Possíveis relações filéticas de *Paulophyton*

Estabelecendo-se uma relação direta de parentesco entre *Paulophyton* e as formas devonianas da ordem Trimerophytales, já salientadas, poder-se-ia considerar *Paulophyton* um elemento relictual de floras devonianas. Cabe ressaltar *Paulophyton*, juntamente com *D.gothanica*, constitui um elemento comum e relativamente abundante na flora da Formação Poti. Por que formas de hábito psilofítico, descendentes diretas de vegetais devonianos, teriam sobrevivido em floras carboníferas da América do Sul de modo tão conspicuo? Além de possíveis fatores ecológicos que possam ter existido, apenas os climáticos e em parte os edáficos são passíveis de uma análise imediata e poderiam por hora explicar tal fenômeno. Sabe-se, através de algumas evidências, que, do Neodevoniano ao Eocarbonífero Inferior, o clima ao norte da América do Sul provavelmente era frio (VER ITEM 9.3.). Estas condições climáticas podem ter constituído uma barreira à entrada de formas vegetais mais evoluídas oriundas dos cinturões equatoriais. Por outro lado, tais condições podem ter proporcionado a manutenção de tipos primitivos entre as populações, fenômeno este já assinalado por Meyen (1987) para as floras carboníferas de Angara (VER ITENS 9.2. e 9.4.). Aliado a isto, tem-se que em ambientes higrófilos, prováveis habitats de *Paulophyton* (VER ITEM 9.6.), a reposição ou substituição dos elementos florísticos ocorreria de forma mais lenta ao longo do tempo, quando comparada às de outros ambientes terrestres melhor drenados (Gastaldo, 1986; Di Michele e Aronson, 1992). Aqueles ambientes são, por isso, considerados conservadores em termos florísticos.

Os ambientes higrófilos são, portanto, os que preservam por mais tempo elementos de grupos arcaicos como dominantes na associação, sendo, por conseguinte, os últimos a serem colonizados por elementos de grupos evolutivamente inovadores (DiMichele e Aronson, 1992). Normalmente, esses são ambientes dominados por poucos táxons, destacando-se nesse sentido, principalmente, os ambientes de água salobra (Gastaldo, 1986). Durante o Eocarbonífero o clima parece ter se tornado mais ameno e, no terço

final desta idade, é provável ter havido um clima temperado seco ao norte da América do Sul.

A ocorrência de *Paulophyton* apenas no Neocarbonífero Inferior da Argentina (Zona NBG) sugere relação entre a sua presença e as condições climáticas. Isto porque, o clima durante esta época na Argentina, apesar de temperado, teria sido mais frio do que o registrado para o Neocarbonífero Superior (Archangelsky e Cúneo, 1991). Devemos deduzir que a melhora climática teria possibilitado a substituição das frágeis e primitivas formas de *Paulophyton* por outros vegetais mais avançados (licófitas e articuladas) na composição das floras de ambientes higrófilos.

Portanto, fatores climáticos e edáficos podem ter sido responsáveis pela manutenção de formas de hábito psilofítico, tais como *Paulophyton* e *Kegelidium*, entre floras do Carbonífero.

Uma segunda hipótese, nunca antes trabalhada, é a de que *Paulophyton*, na verdade, representaria a porção fértil de uma pteridosperma.

Neste caso, *Paulophyton* seria um ramo fértil de uma fronde que levaria microesporângios em suas porções terminais. Entre alguns dos morfo-gêneros de frondes existentes na literatura que se encontram associados a ramos reprodutivos desnudos estão: *Diplopteridium*, *Sphenopteridium* e algumas espécies de *Sphenopteris*, *Aneimites* e *Diplothemna*. Apenas o primeiro morfo-gênero foi encontrado realmente conectado a um desses ramos férteis (Walton, 1931). Os demais foram, normalmente, encontrados em associação, ocorrendo nos mesmos níveis ou ao longo de um mesmo afloramento onde foram registrados os ramos férteis. A partir da estrutura observada em *Diplopteridium*, deduz-se que estes tipos de ramos cresciam sob frondes, no mínimo, bifurcadas na base; uma feição tipicamente relacionada as pteridospermas. Os restos de *Tristichia*, forma próxima a *Paulophyton*, provenientes da Escócia, foram encontrados junto a frondes de *Aneimites acadica*, *Sphenopteris affinis*, *Sphenopteridium* sp. e *Diplothemna* sp. (Scott e Meyer-Berthaud, 1985). É importante notar que este último gênero encontra-se presente na flora da Formação Poti, e ocorre em frequência tão grande quanto a de *Paulophyton*. Em duas

localidades, restos de *Paulophyton* foram encontrados associados com os de *Diplothemna*, seja nos mesmos níveis (afloramento 2, VER FIG. 3) ou em níveis próximos dentro do mesmo afloramento (afloramento 1, VER FIG. 3). Isto corrobora a hipótese de possível conexão entre estas formas. Apesar de existirem argumentos tafonômicos favoráveis a existência de habitats distintos para *Paulophyton* e *Diplothemna* (VER ITEM 9.6.), tais argumentos podem, no entanto, serem interpretados como o resultado de uma seleção pelo transporte aquoso. Os restos de *Paulophyton* são encontrados sob a forma de fragmentos razoavelmente completos e em fácies que representam ambientes de baixa energia. Os espécimes de *Diplothemna* sempre se apresentam fragmentários e depositados em fácies de ambientes de maior energia. Para explicar a presença de restos de *Paulophyton* em ambientes distintos dos de *Diplothemna*, considerando tratarem-se de partes de uma mesma planta, poder-se-ia supor que, após desenvolverem-se sobre a fronde, os ramos férteis (= *Paulophyton*) quando "maduros" se destacariam por completo da fronde. A abscisão ocorreria em sua porção basal. Os restos de *Paulophyton*, em média maiores do que os de *Diplothemna*, seriam selecionados (por competência, por flotabilidade, etc.) ao serem transportados e acabariam depositando-se em ambientes distintos aos de *Diplothemna*. O fato de que os restos mais completos de *Paulophyton* sempre apresentarem órgãos férteis conectados corrobora a idéia de abscisão por maturação.

Entretanto, nenhum esporângio deiscente foi registrado até hoje entre os espécimes analisados. Isto talvez fosse explicado pelo fato dos esporângios de *Paulophyton* não apresentarem nenhum mecanismo evidente de deiscência. A parede dos esporângios provavelmente se romperia através de processos de degradação isto é, uma vez destacado o ramo fértil, a ruptura dos esporângios se daria por putrefação. No entanto, os espécimes melhores preservados, são encontrados com os seus esporângios intactos. Estes espécimes representariam ramos recém-destacados que não teriam tido a oportunidade de entrarem em decomposição.

Seriam inclusive os restos mais passíveis de fossilização, devido a maior integridade e resistibilidade de seus tecidos.

Cabe uma última observação com relação ao mecanismo de deiscência de *Paulophyton*. Seu caráter primitivo em termos morfo-funcionais pode, na verdade, representar um mecanismo avançado e selecionado, em termos ecológicos. Por exemplo, uma interação de herbivoria do tipo inseto-planta, onde o animal viesse a alimentar-se das paredes esporangiais, poderia explicar a ausência de um mecanismo próprio de deiscência e representaria ao mesmo tempo um processo de dispersão eficiente e estável para a planta. Segundo Scoth et al. (1985), as interações de herbivoria do tipo inseto-planta teriam sido mecanismos presentes e bastante difundidos entre as comunidades terrestres já durante o Carbonífero.

Apenas pesquisas mais detalhadas, a partir de um maior número de espécimes coletados e da descoberta de novas localidades fossilíferas poderão aclarar a possível vinculação filética de *Paulophyton*.

9.1.3. Discussão Biogeográfica e Filética de ?*U. brasiliensis*

A manutenção de caracteres primitivos, tais como tamanho reduzido; almofadas foliares pequenas e distantes entre si (amplas áreas inter-almofadas); ausência de estróbilos; e a ocorrência de folhas perenes (falsa cicatriz foliar); é fato comum entre as licófitas eocarboníferas de Angara. Parece que, no Gondwana isto também ocorre, como se pode constatar nas formas de *Cyclostigma* descritas para Paracas, no Peru (Jongmans, 1954). Algumas destas feições persistem em várias licófitas ao longo do Neocarbonífero, e mesmo no Eopermiano, destas duas regiões (Kräusel, 1961; Archangelsky et al., 1981; e Meyen, 1987). Deste modo, a manutenção de tais feições é associada por alguns autores a fatores climáticos (Archangelsky et al., 1981; Alleman e Pfefferkorn, 1988 - VER ITENS 9.2. e 9.4.). Existem outras feições não primitivas, tais como a ampola infra-foliar, que também ocorrem somente em licófitas de ambas as regiões (Archangelsky et al., 1981). Isto reforça a hipótese climática.

Portanto, condições de clima frio a temperado que predominaram no Neopaleozóico das regiões gondvânica e angárica (VER ITENS 9.3 e 9.4) explicariam: a) a baixa diversidade das floras em geral; b) a manutenção de características primitivas ao grupo das licófitas durante esta época; c) o aparecimento de características morfo-estruturais distintas das encontradas em licófitas euro-americanas contemporâneas (conforme Meyen, 1972 e 1987; Archangelsky et al., 1981; Alleman e Pfefferkorn, 1988). Essa forma, corrobora o exposto.

Estas semelhanças morfológicas entre as formas angáricas e gondvânicas podem causar problemas de ordem taxonômica. Já há alguns anos, vários pesquisadores vem classificando as licófitas gondvânicas em gêneros endêmicos: *Lycopodiopsis*, *Brasilodendron*, *Bumbudendron*, *Malanzania* e *Frenguella* (Kräusel, 1961; Chaloner et al., 1979; Archangelsky et al., 1981; Arrondo et al., 1991). Mais recentemente, tem sido mencionada a existência de gêneros angáricos ao Norte do Gondwana, tal como *Tomiodendron* (Alleman e Pfefferkorn, 1988). Agora, registra-se aqui uma forma semelhante a pelo menos dois gêneros angáricos. Portanto, surgem algumas questões: 1ª) Serão estas formas encontradas ao norte do Gondwana, formas com afinidades filéticas às angáricas (como sugerido por Alleman e Pfefferkorn, 1988, para o *Tomiodendron* de Paracas) ou apenas formas que desenvolveram um paralelismo morfológico com as formas angáricas, fruto de pressões ambientais semelhantes sobre um estoque primitivo mais cosmopolita? 2ª) Uma vez que tais formas são de idade eocarbonífera, qual o significado que elas poderiam ter na evolução das licófitas permo-carboníferas do Gondwana, tendo em vista a possível migração florística em direção ao sul que teria ocorrido na América do Sul durante o Carbonífero? (VER ITEM 9.4.) Estas são algumas questões importantes. Apesar de não haver respostas por hora deve-se tê-las em mente ao realizar as classificações taxonômicas das formas. Quando se opta por este ou por aquele táxon, endêmico ou cosmopolita, de afinidade angárica ou gondvânica, deve-se considerar as conseqüências biogeográficas e filéticas que essa escolha poderá trazer.

Apenas com espécimes muito bem preservados, com frutificações e, se possível, com detalhes anatômicos, é que se poderá clarear este quadro. Este é o caso da forma aqui descrita, onde somente espécimes mais completos poderão elucidar a sua classificação taxonômica e, por conseguinte, sua afinidade filética. Problemas como estes já foram assinalados para outras formas vegetais (articuladas, pteridófitas, pteridospermas, etc) existentes no Gondwana e Angara (Meyen, 1963 e 1977). A tendência tem sido explicar a existência de formas similares como consequência do desenvolvimento de um paralelismo entre as formas. Isto porque parece difícil aceitar que certos vegetais, restritos as altas latitudes, tenham rompido a barreira ecológica do cinturão equatorial. Mas, se o registro fossilífero existir, tal hipótese pode ser aceita, como no caso do *Tomiodendron*, registrado em Paracas, que ocorre também na região euro-americana (conforme, Alleman e Pfefferkorn, 1988).

9.1.4. Grau Evolutivo, Afinidades Filéticas e Idade das Cúpulas

Ao que parece, a forma aqui estudada encontra-se em termos evolutivos, entre o grau de desenvolvimento apresentado por *Stannostoma* (formas com cúpulas simétricas, originadas por simples dicotomia dos talos terminais e com número definido de óvulos) e o apresentado por *Lagenospermum* ou *Calathospermum* (formas com cúpulas menos simétricas, de paredes bem desenvolvidas, com os lobos fundidos na base e um número variável de óvulos, entre um e vários). *Stannostoma* representa uma forma mais primitiva e bilateralmente simétrica; *Lagenospermum* e *Calathospermum* formas mais avançadas e radialmente simétricas. Essa forma representaria uma cúpula ainda bilateralmente simétrica mas com tendência a simetria radial. Esta última tendência seria representada pelas paredes cupulares desenvolvidas em lobos cuja disposição e bifurcação são mais irregulares; a primeira pela ocorrência de dois óvulos por cúpula.

Em termos de associação florísticas, o grau evolutivo dessas cúpulas é compatível ao apresentado pelas folhagens e pelas

frutificações masculinas (*Paulophyton* e *Kegelidium*), se considerando-se estas últimas como porções férteis de pteridospermas, conforme discussão anterior sobre *Paulophyton*. O conjunto de formas da Formação Poti mostra-se típico do Carbonífero Inferior quando comparado com outros existentes na região Euro-americana (ver Walton, 1949; Smith, 1959; Gensel e Skog, 1977; Wagner, 1984; e Scott e Meyer-Berthaud, 1985). Os táxons associados às cúpulas, *Paulothyton somneri*, *Kegelidium lanegoi*, *Adiantites* sp e *Diplothemema gothanica*, mantêm possíveis relações filéticas entre si e que já foram salientadas em suas respectivas dimensões. Esses táxons e as cúpulas descritas são formas que podem ser relacionadas ao grupo das Calamopityales e/ou das Lyginopteridales (Taylor, 1981; Stewart, 1985; e Meyen, 1987). Portanto, em termos filéticos, continua existindo uma coerência entre os elementos presentes na Flora da Formação Poti.

Quanto à idade, é interessante destacar que tanto as cúpulas como os possíveis microsporângios associados (*Paulophyton* e *Kegelidium*) assemelham-se as formas comumente registradas para o Eocarbonífero Inferior (Millay e Taylor, 1979; Meyen, 1984 e 1987). Todos os táxons comparáveis às cúpulas aqui analisadas são encontrados apenas em estratos do Carbonífero Inferior, exceto *Calathiopsis* e *Calymmatotheca* que chegam a serem encontrados no Namuriano Superior (Carpentier, 1925; Benson, 1935). Portanto, com base nas estruturas reprodutivas assinaladas poderia-se indicar uma idade eocarbonífera inferior para a flora da Formação Poti. A idade determinada com base em estruturas reprodutivas, teoricamente, seria mais confiável. No entanto, deve-se lembrar que a cúpula de Cúneo (1990), de grau evolutivo compatível ao da forma estudada, foi assinalada para o Neocarbonífero da Argentina. Um óvulo desta mesma idade, e de grau evolutivo compatível ao dessas cúpulas, foi encontrado por Fauque et al. (1989) conectado a uma fronde de *Diplothemema bodenbenderi* também no Neocarbonífero da Argentina. Tais fatos podem estar associados ao fenômeno denominado por Meyen (1987) como "sobrevivência extra-equatorial" e/ou a uma possível migração florística que teria ocorrido na América do Sul durante o Carbonífero (VER ITEM 9.2 e 9.4). Estes

fenômenos dificultariam: a) a correlação direta entre as associações florísticas das regiões equatoriais e extra-equatoriais (i.e. Gondwana e Angara); e b) a correlação entre as associações gondvânicas, geograficamente, distantes entre si.

9.2. Idade da flora

Depois da taxonomia, a idade da flora é a questão básica a ser discutida. A idade desta flora tem oscilado ao longo do tempo, sem que, contudo, os pesquisadores cheguem a alguma conclusão. Oliveira (1934 e 1935) considerou-a, baseando-se nas formas esfenopteróides, como Carbonífero Superior. Posteriormente, Dolianiti (1954) colocou-a dentro do Mississippiano, levando em conta todo o conjunto florístico presente. Rigby (1969) restringiu esta idade a um provável Viseano. Mais recentemente, há uma tendência por parte dos paleobotânicos argentinos de atribuir à flora uma idade mais jovem (Namuriano-Westfaliano) baseados na possível ocorrência de formas idênticas àquelas do Carbonífero Superior (Zona NBG, em Archangelsky, 1986) da Argentina (Rocha-Campos e Archangelsky, 1985; Césari, 1987; Sessarego e Césari, 1989) (VER ITEM 6). Os resultados obtidos a partir da nova taxonomia estabelecida aqui não mais garantem uma correlação direta ao nível específico, e mesmo genérico, da Flora da Formação Poti com as floras da Zona NBG (FIGS. 25 e 44). Ao analisar-se os biocrons das formas da Formação Poti apenas ao nível genérico, haja visto o endemismo presente ao nível específico, conclui-se que a flora pertence realmente ao Eocarbonífero, com uma idade em torno de um Viseano Superior - Namuriano Inferior (FIG. 45). Junte-se a isto a semelhança morfológica existente entre as essas formas e aquelas das floras de Paracas, no Peru, e Belém, na Bolívia (VER FIGS. 44 e 46) datadas, respectivamente, como sendo do Serpukoviano (Namuriano A e B) e Viseano? (Alleman e Pfefferkorn, 1988; Iannuzzi et al, no prelo). Estas duas últimas floras também demonstram ser mais correlatas à da Formação Poti do que às da Argentina.

Salienta-se que a extensão da idade determinada por certas entidades taxonômicas, mesmo em nível genérico, para todo o Gondwana e principalmente para América do Sul (VER ITEM 9.4.) pode não contribuir, em termos megaflorísticos, para resolução de problemas cronológicos. A presença, por exemplo, do gênero *Nothorhacopteris*, até recentemente, era indicativa de um Neocarbonífero Inferior a Superior para o Gondwana. Atualmente o

GÊNEROS	FLORA ARCH- -FRENG. T ₂ -V ₂	FLORA DO REINO PARACA V ₂ -N ₂	FLORA NBG W
Frenguella ^a	-----		
Archaeosigillaria ^a	-----		
Rhodopteridium ^a	-----		
Tetangiopsis ^a	-----		
Eusphenopteris ^{a, *}	-----	-----	-----
Diplothema ^{a, *, **, *}	-----	-----	-----
Tomiodendron ^a		-----	
Lysiopteris ^a		-----	
Adiantites ^a		-----	
Kegelidium ^a		-----	
Triphyllopteris ^{a, *}		-----	-----
Paulophyton ^{a, *}		-----	-----
Nothorhacopteris ^{a, *, **, *}		-----	-----
Fedekurtzia ^a			-----
Dumbudendron ^a			-----
Bergiopteris ^a			-----
Malanzania ^a			-----
Cordaites ^a			-----
Brasilodendron ^a			-----
Ginkgoophyllum ^a			-----

LEGENDA

FLORAS:

ARCH-FRENG = Archaeosigillaria-
Frenguella

REINO

PARACA = Paracas, Poti e Belem

NBG

= Nothorhacopteris -
Botrychiopsis -
Ginkgoophyllum

SIMBOLOGIA:

----- = presença do gênero

..... = presença rara do gênero

IDADES

T₂-V₂ = Tournaisiano Superior à Viséano Inferior

V₂-N₂ = Viséano Superior à Namuriano Inferior

W = Westfaliano

FIG. 44 - Biocrons dos principais gêneros megafósseis das floras do Carbonífero da América do Sul. As floras ao Norte da América do Sul foram agrupadas sob o nome de Flora do Reino Paracas.

Referências a partir das quais elaborou-se a lista de gêneros:

- 1 - Arrondo et al. (1991);
- 2 - Sessarego e Cesari (1989)
- 3 - Alleman e Pfefferkorn (1988)
- 4 - Pfefferkorn, com. pess (1991);
- 5 - Presente trabalho
- 6 - Iannuzzi et al. (no prelo);
- 7 - Ascuy e Ottone (1987)
- 8 - Archangelsky e Cúneo (1989)

TAXONS	IDADES	DEVONIANO SUPERIOR	CARBONIFERO INFERIOR			CARBONIFERO MEDIO		CARBONIFERO SUPERIOR
			Tournaisiano	Viséano	Namuriano A ou Serpukoviense	Namuriano B - C	Westfaliense	Stefaniense
1 - <i>Triphylopteris</i>			1	1		□□□□□□	□□□□□□	
2a - <i>Anisepteria/Rhacopteris</i>		2a						
b - <i>Netherhacopteris</i>				2b				
3 - <i>Diplothemum</i>		3						
4 - <i>Adiantites</i>		4						
5 - <i>Paucophyton</i>				5		□□□□□□	□□□□□□	
6 - <i>Ursedendron</i>		6						
7 - <i>Kegelidium</i>				7				

LEGENDA:

□□□□□□ = biocron no Gondwana

■ ■ ■ ■ ■ ■ = biocron na Euro-américa e Angara (táxon 6)

\\\\\\\\\\\\ = provável faixa de idade da Flora da Formação Poti

□□□□□□ = táxon frequente

□□□□□□ = táxon escasso

FIG. 45 - Biocrons dos gêneros reconhecidos para a Flora da Formação Poti e de algumas outras formas próximas.

Correlações Megaflorísticas entre as Talofloras do Carbonífero Inferior da América do Sul.

FIG. 46 Esta figura ilustra a relação dos principais táxons já identificados para cada uma das Floras do Carbonífero Inferior da América do Sul e a possível ocorrência destes entre as demais floras assinaladas. Notamos claramente a existência de uma maior correlação entre as floras ao Norte, as quais, ao que parece, foram contemporâneas (verificar as respectivas idades). Deve-se ressaltar que a listagem de taxons apresentada para a Flora Paracas baseia-se, em grande parte, nas informações cedidas por Alleman e Pfefferkorn (com. pess., 1991) restringindo esta flora apenas a táxons já confirmados, excetuando-se, contudo, a ocorrência de *Lepidodendropsis* (Jongmans, 1954), e *Paulophyton* e *Ursodendron* (este trabalho).

seu biocron foi estendido ao Eocarbonífero Superior (Viseano Superior) (Azcuy e Ottone, 1987; Roberts et al., 1991). Chaloner e Meyen (1973) já haviam alertado para a dificuldade de se estabelecer as idades das floras carboníferas gondvânicas, uma vez que a datação destas, em sua grande maioria, é baseada em táxons cujo biocron não é bem conhecido. Por isto, considera-se a datação obtida (Viseano-Namuriano) como uma "idade mínima", analisando a FIG. 45 verifica-se que justamente o biocron gondvânico das formas é que estabelece o limite inferior de antiguidade da flora, ou seja, o Viseano. Tendo em vista que, o biocrons gondvânicos são os de limite mais impreciso, nada impediria que a flora fosse um pouco mais antiga, caso os biocrons gondvânicos de algumas formas (por ex. *Triphylopteris*, *Nothorhacopteris* e *Paulophyton*) estendessem-se em direção ao Tournaisiano, como ocorre com o de *Diplothema* e como indicam os resultados palinológicos já discutidos (VER ADIANTE). Na verdade, são esses mesmos biocrons que praticamente elevam a idade da flora ao Namuriano (VER FIG. 45). Portanto, ao se tentar correlacionar cronologicamente as megafloras gondvânicas deve-se considerar todo o conjunto megaflorístico, bem como, todas as demais informações geológicas existentes ou disponíveis para que se possa obter um resultado o mais preciso possível.

Outro modo não muito usual de tentar estabelecer a idade das associações, está em observar o grau evolutivo das várias feições morfológicas das formas. Este tipo de abordagem foi utilizada com sucesso por Chaloner e Sheerin (1979, apud Meyen, 1987) para as macrofloras do Devoniano. No caso da flora da Formação Poti, há, em termos da estrutura das frondes, vários aspectos primitivos comuns às formas do Neodevoniano Superior - Eocarbonífero da região euro-americana (segundo Galtier, 1981), a saber: pínulas com pecíolos e limbos robustos; limbos que tendem a enrolar-se abaxialmente, venação dicotômica, isotômica e aberta; pínulas inseridas em planos distintos ao da ráquis (formando assim pseudo-frondes). As feições apresentadas pelas formas férteis (*Paulophyton*, *Kegelidium* e ? *Stammnostoma*) e pela licófita descrita (? *Ursodendron*), as quais já foram salientadas aqui

anteriormente e por Iannuzzi et al. 1991, também são feições freqüentemente encontradas entre as formas do Devoniano e, principalmente, Eocarbonífero. Assim sendo, com base nas novidades evolutivas e/ou no grau evolutivo dos caracteres morfológicos encontrados, pode-se sugerir uma idade entre o final do Neodevoniano (Fameniano superior ou Struniano) e o Eocarbonífero para a flora. A presença de certos gêneros exclusivos do Carbonífero (i.e. *Triphylopteris*, *Adiantites*) ou de formas similares a estes (i.e. ? *Stammostoma* e ? *Ursodendron*) restringiria a idade da flora ao Eocarbonífero.

No entanto, não se deve esquecer que parece ter ocorrido, durante o Neopaleozóico, a preservação de morfotipos primitivos entre a floras mais jovens das regiões com climas temperado e frio, como no Gondwana e em Angara. A este fenômeno Meyen (1987) denomina de "persistência extra-equatorial". Esta persistência seria resultante de condições adversas impostas por um clima mais severo, as quais teriam impedido ou retardado a entrada e/ou a aquisição de novidades evolutivas pelas formas vegetais. A falta de estróbilos entre as licófitas arborescentes e de veia mediana entre as folhagens (autóctones) durante o Neocarbonífero do Gondwana seriam exemplos deste fenômeno (Meyen, 1977). Tal fenômeno dificulta ou mesmo torna inviável uma correlação direta entre as associações megaflorísticas das regiões equatoriais e as das extra-equatoriais (Wagner, 1984).

Em termos regionais, aventa-se a hipótese de que assembléias de diferentes idades poderiam ocorrer em diferentes níveis de estratos da Formação Poti. Esta opinião baseia-se em dois fatos: 1º) Litologias correspondentes às da Formação Poti teriam depositado-se, com base nos estudos de microfósseis (Quadros 1982; e Loboziak et al, 1992), do Tournaisiano Inferior ao Viseano Superior. Sendo esse o tempo representado pelos depósitos da Formação Poti, seria possível que fitofósseis de diferentes idades estivessem preservados ao longo do pacote sedimentar desta formação; 2º) Vegetais mais típicos do Carbonífero (*Nothorhacopteris* e *Triphylopteris*), provenientes do afloramento do Riacho do Roncador, não haviam sido assinalados até

então para as localidades da região de Teresina onde encontra-se vegetais com afinidades mais devonianas, tais como *Diplothemema*, *Paulophyton* e *Kegelidium* (Rösler e Ciguel, 1978; Iannuzzi e Rösler, 1991); tendo em vista a grande distância que existe entre as áreas de ocorrência destes diferentes táxons (cerca de 300 km) e a exclusão de táxons entre elas (VER FIG. 3), sugere-se aqui, entre outros fatores, diferenças cronológicas para explicar tal situação. Porém, durante recente trabalho de campo coletou-se espécimes de *Diplothemema* junto a outros de *Nothorhacopteris* em Salto de Pedra (afloramento 3, FIG. 3). Este achado não invalida de forma alguma essa hipótese, pois sabe-se, pelo registro, que as espécies de *Diplothemema* possuem biocrons razoavelmente extensos (*D. bodenbenderi* ocorre desde o Tournaisiano até o Westfaliano da América do Sul).

Tendo em mente toda a problemática envolvida, resolveu-se estabelecer, durante essa pesquisa, um estudo integrado entre a megaflora e a palinoflora afim de tentar obter uma possível idade para os táxons envolvidos e suas respectivas localidades utilizando como referência as idades indicadas pelo zoneamento palinológico existente para a Bacia do Parnaíba (Daemon, 1974). Entretanto, os resultados palinológicos não foram totalmente satisfatórios. Das amostras preparadas, apenas aquelas da localidade, do Riacho do Roncador (afloramento 4 - FIG. 3) forneceram resultados. Todos os esporo - guias encontrados estão restritos ao Viseano, sendo mais abundantes ou exclusivos do Viseano Superior (Daemon, 1974; e Iannuzzi et al., 1993). Esta datação está de acordo com a sugerida aqui com base na megaflora (FIG. 45), porém, pode estar ligeiramente equivocada. Os resultados obtidos podem, na verdade, representar uma idade um pouco mais antiga sem, no entanto, exceder os limites do Viseano (VER ITEM 8.2.). De qualquer maneira estes dados confirmam uma idade viseana para as formas do Riacho do Roncador (*Nothorhacopteris* sp.1 e *T. adiantoides*) e Salto de Pedra (onde se encontram *D. gothanica* e *Nothorhacopteris*). Este resultado corrobora outros obtidos para floras do Norte da América do Sul, nos quais, espécimes de *Nothorhacopteris* ocorrem em estratos do

Carbonífero Inferior (Ascuy e Ottone, 1987; Ascuy, comun. pes., 1992; Iannuzzi et al., no prelo) e confirma o Viseano como idade mínima, para a Flora da Formação Poti. Porém, a falta de resultados em amostras provenientes de outras localidades impossibilita averiguar se os demais elementos da flora e/ou suas respectivas localidades encontram-se dentro de níveis estratigráficos isócronos aos dos Riacho do Roncador e Salto de Pedra. A resposta a esta questão deverá aguardar estudos estratigráficos, sedimentológicos e paleontológicos mais detalhados da Formação Poti.

9.3. Paleofitogeografia

9.3.1. Endemismo X Cosmopolitismo

Há muito se discute sobre a existência ou não de floras pré-gondvânicas ou Pré-Glossopteris já diferenciadas no Eocarbonífero. O modelo clássico, defendido por antigos pesquisadores (Seward, 1933; Halle, 1937; Jongmans, 1954; Edwards, 1955 apud Chaloner e Meyen, 1973; Jongmans, 1952 apud Chaloner e Lacey, 1973) reconhece uma flora cosmopolita para o Eocarbonífero. Outro, mais recente, sugerido principalmente por pesquisadores russos (Vakhrameev et al, 1970 e Stockmans e Williere, 1963, apud Chaloner e Meyen, 1973; Meyen, 1969, apud Chaloner e Lacey, 1973) advoga que durante o Eocarbonífero já ocorreriam províncias florísticas distintas da Euro-americana (equatorial) nas diferentes áreas temperadas do planeta, ou seja, Angara e Gondwana. A existência de uma Província Angárica no Eocarbonífero é atualmente aceita (Meyen, 1987), no entanto, uma Gondvânica ainda não é admitida, pois os pesquisadores alegam falta de dados que a comprove (FIG. 47).

Durante o Eocarbonífero, em toda a área gondvânica, há um pequeno número de floras, incompletamente, conhecidas que, por um lado, demonstram similaridades com as floras nórdicas contemporâneas (Chaloner e Meyen, 1973), mas por outro, diferenças que têm levado os pesquisadores a especularem mais profundamente sobre a natureza endêmica das floras (Chaloner e Meyen, 1973; Archangelsky, 1984; Meyen, 1987). Chaloner e Meyen (1973) acreditam que se os conceitos genéricos das formas gondvânicas fossem delineados sob parâmetros mais restritos, como aconteceu às formas angáricas, chegar-se-ia talvez ao reconhecimento de uma flora endêmica para o Gondwana durante o Eocarbonífero. Aplicando esta idéia como filosofia de trabalho, pesquisadores argentinos têm conseguido demonstrar, a partir da revisão dos táxons, a existência de um certo endemismo, principalmente ao nível específico, nas floras gondvânicas já durante o Tournaisiano Superior - Viseano Inferior (Sessarego e Césari, 1989; e Arrondo et al, 1991). Táxons, no mínimo, especificamente distintos (por

FIG. 47. Mapa de distribuição das províncias florísticas no Eocarbonífero. As linhas contínuas representam os limites aproximados entre as províncias. "KA" sugere a formação insipiente de uma província Kazaquistana. Notar que não há menção alguma a existência de uma província gondvânica (modificado de Chaloner e Meyen, 1973).

ex. *Archaeosigillaria conferta*, *Diplothemema bodenbenderi*, *Eusphenopteris devonica* e *Hyenia argentina*) têm sido assinalados para as floras do Eocarbonífero da Argentina. Apenas um gênero endêmico foi constatado para essas floras i.e. *Frenguella eximia*. Contudo, trata-se de forma muito similar ao gênero *Leclerquia* (Arrondo et al., 1991).

Os elementos da Flora da Formação Poti, datados como, no mínimo, viseanos, exibem um bom grau de endemismo, principalmente, com relação às formas euro-americanas. A maior semelhança ocorre com elementos das floras da América do Sul, como será visto na discussão da evolução paleoflorística. A Flora da Formação Poti possui gêneros cosmopolitas, tais como, *Adiantites*, *Diplothemema* e *Triphyllopteris*, outros restritos ao Gondwana, como *Paulophyton* e *Nothorhacopteris*, e um exclusivo desta flora, *Kegelidium*. Entretanto, todas as formas parecem ser especificamente distintas de quaisquer outras euro-americanas. Além disso, algumas das formas possuem características que podem talvez distingui-las ao nível genérico (ex. *T. adiantoides* e? *U. brasiliensis*). As únicas floras que, até agora, poderiam apresentar algum táxon idêntico aos da Formação Poti seriam as de Paracas, no Perú, e Belem, na Bolívia (VER FIG. 46).

Assim sendo, os resultados obtidos a partir dos elementos da Flora da Formação Poti parecem corroborar com o segundo modelo, o "endêmico". Na verdade, a partir da base do Eocarbonífero (Tournaisiano) deve ter havido um crescente endemismo entre as floras sul-americanas e, provavelmente, entre as Gondvânicas, que culminou no surgimento das glossopteridales (Fig.48). O registro de vários gêneros endêmicos (*Bothychiopsis*, *Nothorhacopteris*, *Fedekurtzia*, *Bumbudendron*, etc.) já instalados no Neocarbonífero deve ser reflexo de um endemismo sugerido, pelo menos, durante o final do Eocarbonífero. As floras da Formação Poti, Belem e Paracas servem como meios de comprovação. Além disso, as floras gondvânicas do Eocarbonífero, quando comparadas com as euro-americanas, são muito pobres e embora se constituam, em sua maioria, de gêneros euro-americanos não apresentam até agora o registro de frutificações nativas comuns daquelas floras,

tais como, *Lepidostrobus*. Estes fatos são fortes indicativos da existência de um endemismo decorrente das diferenças climáticas existentes entre as regiões euro-americana e gondvânica (Meyen, 1979 e 1987).

9.3.2. Reino Paraca

Recentemente, Alleman e Pfefferkorn (1988) e Pfefferkorn e Alleman (1989), a partir do reestudo da Flora de Paracas, no Peru, surgiram o reconhecimento de um terceiro reino intermediário entre o Tetiano (ou Euro-americano) e o Gondvânico durante o Carbonífero, o Reino Paraca. Este reino representaria uma zona paleoflorística de clima temperado quente, equivalente ao Reino Angárico (op. cit), situada ao Norte do continente gondvânico, no hemisférico sul. A existência deste reino baseia-se na ocorrência de espécies e até mesmo gêneros de licófitas distintos dos encontrados nos Reinos Gondvânico e Tetiano, incluindo também formas semelhantes às angáricas (ex. *Tomiodendron*, op.cit). Além disso, os diâmetros obtidos dos caules das licófitas de Paracas são intermediários aos encontrados no Gondwana e na Euro-america, indicando assim possíveis condições climáticas intermediárias.

Os depósitos da Formação Poti estariam, paleogeograficamente, localizados dentro dos limites propostos para o Reino Paraca. Os resultados até agora obtidos para Flora da Formação Poti forneceram alguns argumentos favoráveis à existência de condições climáticas extra-tropicais, a saber: a) a ocorrência de uma flora pobre com baixa diversidade e um elevado número de indivíduos por táxon; b) frondes com folhagens de limbos resistentes a coriáceos; c) a ocorrência de uma licófitas de folhas perenes, cutícula espessa, provavelmente ligulada e morfo-estruturalmente semelhante às formas angáricas; d) e a presença de indivíduos de porte restrito, possivelmente entre herbáceo e arbustivo. Alguns destes aspectos - b), c) e d) - são indicadores ecológicos presentes em comunidades típicas de áreas sob condições adversas (regiões de clima frio ou árido) outros são indicadores de comunidades de clima frio a temperado - a) e c). Apesar da

pouca pesquisa, é certo que se a vegetação fosse luxuriante e de grande porte, como ocorreu na zona equatorial do planeta, isto já teria ficado evidente diante dos restos vegetais encontrados nos sedimentos.

Junte-se a isto, a ausência de litologias indicadoras de climas quentes (areias eólicas, calcáreos e evaporitos), o registro de depósitos glaciogênicos ao longo da sequência devono-eocarbonífera da bacia do Parnaíba (Caputo, 1984; e Della Favera, 1990) e o fato de que para vários pesquisadores (Crowell e Frakes, 1975; Kemp, 1975; Hambrey e Harland, 1981; Diaz et al, 1991) a glaciação Permo-Carbonífera teria alcançando sua maior extensão na América do Sul durante o Carbonífero, o que parece ser corroborado pelos dados paleomagnéticos (Creer, 1972; Oviedo et al, 1985; e Valêncio e Villas, 1986).

Além disso, as similaridades ou mesmo identidades encontradas entre as formas da Formação Poti e as de Paracas e Belém (FIG. 46) são indicativos da existência de uma unidade florística extra-tropical, que se apoia também na possível contemporaneidade existente entre estas floras conforme já discutido. As diferenças encontradas na composição florística entre essas três floras podem ser atribuídas a diferenças climáticas regionais geradas pelo diferente posicionamento geográfico das mesmas sobre o continente gondvânico (Kemp, 1975; Raymond et al., 1985; Parrish et al., 1989). Assim sendo, a flora da Formação Poti estenderia para Leste o registro do Reino Paraca.

O quadro exposto condiz com a idéia de Archangelsky (1989) de que as assembléias florísticas sofriam um controle latitudinal sobre a sua distribuição, variando em função das diferenças climáticas definidas por suas respectivas posições paleogeográficas. Junte-se a este raciocínio a idéia de que o grau de endemismo deve também ter obedecido a um controle latitudinal ao longo do Carbonífero, além do temporal já salientado durante a discussão sobre endemismo ou cosmopolitismo de flora (VER FIG. 48).

FIG. 48. - A reta representa o crescimento hipotético do endemismo entre os elementos das Floras Carboníferas da América do Sul, levando-se em consideração o tempo decorrido e o controle latitudinal das mesmas. As diferentes floras estão plotadas dentro de sua idade aproximada (segundo Arrondo et al, 1991; Ascuy e Ottone, 1987; Iannuzzi et al, no prelo; Archangelsky e Cúneo, 1991). Floras: A-F = Floras da Zona de Archaeosigillaria - Frenguella; REINO PARACA = Floras de Paracas, Belem e da Formação Poti; NBO = Floras da Zona de Nothorhacopteris - Botrychiopsis - Ginkgophylum.

9.4. Evolução Paleoflorística

A importância de tudo o que foi exposto está indiretamente, ligada a origem da "Flora Glossopteris". Especula-se que mudanças nas condições ambientais de um clima frio para um temperado teriam dado a oportunidade de que formas vegetais antes restritas às regiões mais setentrionais do continente sul-americano passassem, então, a colonizar terras mais ao sul deste (Dolianiti, 1972; e Rösler, 1976). Estas mudanças climáticas teriam sido causadas, em parte, pela migração dos centros da Glaciação Permo-Carbonífera para Leste do Gondwana (Archangelsky, 1984 e 1986) e, em parte, pelo movimento translatitudinal da América do Sul em direção ao Equador durante o Carbonífero (Seyfert e Sirkin, 1979; Scotese et al, 1979; Mckerrow e Scotese, 1990) (VER FIG. 49). Salienta-se que a faixa de tempo de ocorrência das floras do Reino Paraca é a mesma do "hiato" florístico existente no sul do continente e que, provavelmente, foi causado pela presença efetiva do gelo naquela área, durante esta idade (Archangelsky e Cúneo, 1991).

Em trabalho recente, Iannuzzi et al. (no prelo) sugeriram que formas existentes no Reino Paraca, já adaptadas a condições frias durante o Eocarbonífero, com o recuo do gelo e de suas influências, poderiam ter migrado instalando-se e diversificando-se nas regiões ao sul do continente. As formas imigrantes seriam então ancestrais de vários dos elementos das "Floras Pré-Glossopteris" encontradas no Neocarbonífero das bacias sedimentares do sul do Brasil e da Argentina. Posteriormente, a partir de uma maior amenização climática, algumas destas formas poderiam ter evoluído, dando origem a elementos da Flora Glossopteris. Assim sendo, formas vegetais semelhantes àquelas da Formação Poti e de outras ocorrências próximas (Paracas e Belém) poderiam constituir-se nos remotos ancestrais de alguns dos elementos da Flora Glossopteris.

A Flora da Formação Poti guarda uma certa semelhança florística com as comunidades do Neocarbonífero da Argentina (Archangelsky et al., 1986; Archangelsky e Cúneo, 1991) e do Brasil (Millan, 1975 e 1987): possui vários gêneros em comum com

FIG. 49. Síntese do posicionamento das principais bacias cratônicas americanas ao longo do tempo geológico. Notar o grande deslocamento das bacias sul-americanas em direção ao Equador durante o Carbonífero, evidenciando o rápido movimento do continente sul-americano neste período (segundo Fúlfaro e Potter, no prelo).

elas (FIG. 44) e, além disso, os mesmos grupos vegetais estão representados em ambas as floras. Entretanto, estas divergem entre si pela existência de táxons endêmicos do Gondwana (em nível genérico) nas floras ao sul, pela ausência ou raridade de elementos com afinidades nórdicas (por ex. *Triphyllopteris*) nas floras ao sul em contraposição a ocorrência ou a abundância destes nas localidades ao norte do continente (VER FIG. 44); e principalmente, quanto a idade, pois a Flora da Formação Poti restringe-se ao Eocarbonífero Superior, um provável Viseano (VER ITEM 9.2.). As floras de Paracas e Belem apresentam estas mesmas características, pertencendo ambas ao terço final do Eocarbonífero (Alleman e Pfefferkorn, 1988; Iannuzzi et al, no prelo; Azcuy e Ottone, 1987; Azcuy, 1991; Azcuy, comun. pes., 1992), sendo que na Flora de Paracas chegam a existir alguns poucos táxons idênticos aos das floras meridionais. Considerando-se o diacronismo existente entre as floras do sul e do norte do continente e, por outro lado, as similaridades florísticas (FIG. 44), as floras do Neocarbonífero da Argentina e Brasil devem representar o registro ao sul de floras de clima temperado a frio que existiam ao norte no final do Eocarbonífero e vieram, gradativamente migrando em direção ao sul, assim como já haviam proposto Rigby (1969), Dolianiti (1972), Millan (1975) e Iannuzzi e Rösler (1993).

Por sua vez, uma gradativa diferenciação das floras ao longo do tempo decorrido (Viseano a Westfaliano) seria responsável pelas diferenças taxonômicas encontradas entre as floras localizadas ao norte e aquelas situadas ao sul do continente (VER FIG. 44). Por diferenciação entende-se aqui processos de especiação, migração de elementos e extinção de formas. Já as afinidades filéticas entre as formas explicariam as semelhanças morfo-estruturais encontradas entre os elementos das floras ao sul e ao norte, apesar da falta de maiores informações sobre frutificações e estruturas anatômicas nestas floras.

Com relação especificamente ao movimento de migração há alguns detalhes a ressaltar. As reconstruções paleogeográficas realizadas com base nos dados paleomagnéticos (Seyfert e Sirkin,

1979; Scotese et al., 1979; e Mckerrow e Scotese, 1980) ou mesmo litológicos (Scotese e Barret, 1990) indicam que o norte da América do Sul esteve posicionado entre os paralelos 90°S e 60°S durante o Neodevoniano; 60°S e 30°S, ao longo do Eocarbonífero, e 30°S-0°S, durante o Neocarbonífero. A própria sequência sedimentar devono-carbonífera da bacia do Parnaíba reflete através do seu conteúdo litológico uma deriva continental: os depósitos neodevonianos da bacia são formados por diamictitos na base passando a folhelhos no topo, durante todo Eocarbonífero são registrados apenas sedimentos terrígenos (clásticos), já no Neocarbonífero encontram-se arenitos eólicos e sedimentos químicos (carbonatos e evaporitos) (Cunha, 1986; e Lima Filho, 1991). Uma sequência, praticamente, idêntica pode ser constatada no Altiplano Boliviano (Diaz, Isaacson e Sablock, 1993). Ambas as sequências demonstram, claramente, um progressivo melhoramento climático associado pelo presente Autor e outros (Diaz Isaacson e Sablock, 1993) a deriva continental da América do Sul em direção ao Equador (VER FIG. 50). O gráfico de Fúlfaro e Potter (no prelo) mostra quão rápido teria sido a migração translatorial da Bacia do Parnaíba durante o Carbonífero (VER FIG.49).

O próprio registro megaflorístico indica esta deriva continental. Nas sequências da bacia do Parnaíba e do Altiplano Boliviano observa-se o registro de floras com afinidades gondvânicas (floras mistas do Reino Paraca) no Eocarbonífero, enquanto que entre o Neocarbonífero e Eopermiano encontram-se apenas floras típicas da Província Euro-americana (Dolianiti, 1972; Diaz, Isaacson e Sablock, 1993 - VER FIG. 50). Na Venezuela, há também registros de floras euro-americanas neocarboníferas (Odreman e Wagner, 1979). Todos estes dados demonstram que a região norte da América do Sul, possivelmente, saiu de latitudes temperadas a subtropicais no final do Eocarbonífero para atingir latitudes tropicais no final do Neocarbonífero, comprovando assim, paleofloristicamente, a deriva do continente em direção ao Equador.

De um modo geral, as drásticas mudanças observadas nas assembléias florísticas ao longo dos sucessivos horizontes no

FIG. 50. Comparação entre as seqüências sedimentares e o conteúdo paleoflorístico da Bacia do Parnaíba e Altiplano Boliviano: notar a estreita semelhança existente entre elas e a relação destas com as paleotemperaturas que, por sua vez, evidenciariam uma migração translatorial do continente sul-americano.

Gondwana (como as descritas acima) seriam devido aos contínuos fluxos migratórios resultantes da mobilidade continental e consequentes mudanças climáticas (Archangelsky, 1984). Cada organismo procura as regiões onde as condições edáficas e climáticas se mostram propícias ao seu desenvolvimento (Archangelsky, 1989).

9.5. Ambientes deposicionais

9.5.1. Interpretação dos processos deposicionais

Passa-se, agora, a interpretar os processos locais que teriam atuado na deposição dos sedimentos de cada um dos afloramentos descritos.

Afloramento 1 (Figs. 5-11)

As fácies 1 e 3 representam areias depositadas através de pequenos pulsos periódicos de sedimentação ocorridos às margens dos corpos d'água em um ambiente de baixa energia. Entre um pulso e outro instalava-se uma vegetação, provavelmente, do tipo marginal pioneira (herbácea e de crescimento rápido) que era soterrada pelo próximo pulso de areia. Esta vegetação, representada pelos paleossolos sobrepostos, indica uma exposição subárea dos depósitos.

As fácies 2 e 4 representam o afogamento das margens, sendo a fácies 4 o afogamento definitivo da exposição. A fácies 2 corresponde a um inundito, ou seja, a um evento de rápido afogamento. A fácies 4 pode ser considerada como um depósito de "praia" em ambiente de baixa energia. As superfícies onduladas e as esporádicas estruturas do tipo "climbing ripple" indicam deposição por ação de pequenas correntes e/ou ondas. A alteração granulométrica na laminação indica variação no aporte de sedimentos e, por sua vez, de energia no ambiente. Restos vegetais identificáveis na forma de fragmentos bem preservados encontram-se depositados no limite entre as camadas, sobre as superfícies onduladas, a partir do que se deduz que os restos vegetais após sofrerem pequeno transporte foram depositados por ação de pequenas correntes junto aos bancos de areia marginais. Rastros de pequenos invertebrados existentes no limite entre as camadas indicam que cada uma delas teria sido depositada como um evento temporalmente espaçado das demais.

A fácies 5 representa um episódio de parada na sedimentação/erosão, que é indicado pela presença de tubos verticais de invertebrados. Restos vegetais identificáveis,

ocorrendo sob a forma de fragmentos bem preservados, dispostos horizontalmente em diferentes níveis, e a ocorrência de uma laminação plano-paralela incipiente sugerem que um processo de deposição semelhante ao descrito para a fácies 4, com posterior bioturbação, tenha ocorrido neste pacote.

As fácies 6, 7 e 8 corresponderiam a depósitos ligeiramente mais distais onde, os pelitos, representam momentos de baixa energia e, as areias recorrências dos depósitos marginais (interdigitações) e/ou depósitos formados por ação de pequenas ondas ou correntes. O ambiente ainda permanece como de baixa energia. A ocorrência de estruturas do tipo "linsen" nos pelitos indica que, mesmo nos momentos de menor energia, ocorre a ação constante de pequenas correntes trazendo material mais grosso (areias).

Por fim, a fácies 9 representaria o momento de menor energia da seção com o predomínio de uma deposição por suspensão. Por isso, esta fácies pode ser interpretada como o depósito mais distal da seção ou como um evento de maior restrição no sítio deposicional. O aspecto maciço do pacote e as pelotas de argila registradas são feições comuns aos depósitos distais com influência continental.

Resumindo, a seção a pode ser interpretada como um ambiente marginal, que foi sendo lenta e progressivamente afogado (sequência "fining - upward").

Afloramento 2 (Figs. 12-15)

A fácies 1 apresenta camadas arenosas depositadas através de pulsos de sedimentação e corresponde a um processo turbidítico. As finas camadas silticas repletas de restos vegetais bastante fragmentados que se encontram intercaladas nas areias corroboram a idéia de uma sedimentação turbidítica.

A fácies 2 indica deposição em um ambiente menos energético formado em boa parte pela decantação das argilas. Entretanto, a alternância granulométrica ao longo do pacote, a presença de estruturas do tipo "linsen" e muitos restos vegetais bastante fragmentados associados indicam uma constante agitação,

provavelmente, causada por intermitentes correntes e/ou pequenas ondulações. Esta fácies parece representar uma porção mais distal da fácies 1.

A seção é interpretada como um depósito ligeiramente distal, em um sítio deposicional restrito, para onde avançavam marginalmente pequenas frentes deltáicas (representadas pelas areias e afloramentos próximos - VER FIG. 15). Estes pequenos deltas traziam os restos vegetais bastante fragmentados, os quais, em sua maioria, depositavam-se durante a perda de energia das correntes.

Afloramento 3 (Figs. 16 e 17)

A fácies aqui presente seria correspondente a fácies 1 do afloramento 2. Portanto, a deposição deste pacote teria ocorrido por um processo turbidítico. Destaca-se nesta seção a ocorrência de fragmentos vegetais de maiores dimensões (em geral, restos de caules) no interior dos arenitos, o que corrobora uma deposição por pequenos pulsos (turbidítica), aonde os restos vegetais teriam sido depositados concomitante a deposição das areias.

Interpreta-se a seção como uma porção preservada de um pequeno depósito de frente deltaica.

Afloramento 4 (Figs. 18-23)

As fácies 1 e 3 representam areias depositadas através de pequenos pulsos de sedimentação que parecem corresponder a processos turbidíticos (semelhantes aos da fácies 1 do afloramento 2 e ao da fácies do afloramento 3). A ocorrência de estruturas do tipo "climbing" e a existência de uma granulo-decrescência ascendente no interior destas camadas corrobora uma sedimentação do tipo turbidítica. Os restos vegetais da fácies 1 apresentam-se como fragmentos retorcidos que ocorrem junto as estruturas "climbing". A partir disto deduz-se que os restos foram localmente transportados e depositados concomitante a deposição das camadas de areia.

As fácies 2 e 5 representam camadas depositadas por pequenas correntes que causaram a sobreposição de pequenas camadas onduladas.

O topo da fácies 3 e a fácies 4 representam camadas de areias depositadas por pequenos fluxos de correntes intermitentes ou por ação de pequenas correntes e que foram retrabalhadas, por ondas(?). As estruturas do tipo "linsen" e as superfícies onduladas corroboram esta idéia. Estas fácies registram as maiores variações granulométricas do pacote, onde as pequenas lentes de sedimentos finos indicam uma parada dos fluxos aquosos e as estratificações cruzadas de pequeno porte momentos de maior energia.

A seção pode ser um depósito de desembocadura de canal (porção médio-distal) ou de deltas de maré, resultante, principalmente, do aporte de sedimentos a partir da ação de fluxos aquosos unidirecionais que sofreram desaceleração ao penetrarem em um corpo d'águas calmas (do tipo lago ou laguna). O sentido único das estruturas de corrente (SE-NW), a variação lateral para silte e a ocorrência a noroeste de um grande corpo arenítico penetrando em sentido oposto ao das estruturas de corrente da seção (NW-SE) são indícios de um sítio deposicional restrito (lago/laguna) para onde avançavam marginalmente cursos d'água que geraram as areias (pequenos deltas).

9.5.2. Interpretação dos Ambientes Depositionais

O estudo preliminar, feito a partir dos afloramentos e das observações de campo, indica um ambiente transicional.

O conjunto das estruturas sedimentares presente caracteriza e/ou é mais comumente registrado em ambientes deltáicos, de planície de maré ou estuarinos (segundo Reinech e Singh, 1980). Conforme Walker (1984) e Davis (1983) esses afloramentos poderiam também representar subambientes de um sistema de ilha-barreira (associado a planícies costeiras), localizados atrás da barreira (por ex. um subambiente lagunar).

As fácies do afloramento 1 poderiam representar depósitos marginais de sub-maré ou de lavagem em sequências

lagunares de sistemas de ilha-barreira (por detrás da barreira) ou em baías costeiras (Davis, 1983; Reineck e Singh, 1980; e Walker, 1984). Pela análise das pequenas estruturas sedimentares encontradas, segundo Davis (1983), essa exposição poderia indicar um ambiente de planície deltáica onde as fácies 1 a 4 seriam depósitos de levee, as fácies 5 e 8 depósitos de baías inter-distributárias, e a fácies 9 o preenchimento regressivo do embaçamento. Neste caso, um sistema fluvial poderia ser também sugerido (conforme Davis, 1981, Reading, 1989). Planícies interiores e marginais de areia, e planícies proximais de lama encontradas em ambientes de planície de maré demonstram fácies similares (Davis, 1983 e 1985). Por último, esta sequência poderia corresponder também a zona de inter-marés, dentro de um ambiente de planícies de maré (Reineck e Singh, 1980; e Davis, 1983).

O afloramento 2 possui fácies comumente encontradas em planícies de inundação (leves e bacias de inundação) associadas a depósitos de barra e/ou canais (Fácies 1), em sistemas deltáicos e fluviais (Davis, 1983; e Walker, 1984). Dentro do sistema deltáico essa exposição poderia ser associada a outros tipos de depósitos inter-canais (por ex: baías inter-distributárias, conforme Davis, 1983). Poderiam também representar: a) em ambientes de inter-maré, depósitos da porção média (lagos?) de uma planície de maré (Davis 1983 e 1985); b) depósitos de baixa energia em lagunas de um sistema de ilha-barreira ou de bacias costeiras (Davis, 1983 e 1985; e Walker, 1984); c) pequenas ilhas ou depósitos marginais em sistemas estuarinos de complexa fisiografia (Davis, 1985).

Os afloramentos 3 e 4 representariam lençóis de areia de "barreiras de lavagem" (Walker, 1984) ou depósitos de levee, crevasse ou barra, junto a canais fluviais ou deltáicos, em planícies aluviais (Davis, 1983, 1985). Poderiam indicar também porções distais do "foreset" de pequenos deltas ou de depósitos de canal e de lavagem em lagunas de bacias costeiras, estuários ou sistemas de ilha-barreira (Davis, 1983; Walker, 1984). Outra possibilidade seria a desses afloramentos corresponderem a depósitos de barras frontais e/ou distais de sistemas de

desembocadura em ambientes estuarinos ou deltáicos; ou ainda areias interiores de planícies de inter-maré (Davis, 1985).

Existem, portanto, várias possibilidades de subambientes para cada afloramento. Isto porque as exposições são pequenas, de pouca continuidade lateral (excetuando-se o afloramento 4) e pontuais. A falta de perfis ao longo dos cortes próximos dificulta bastante a inferência de um ambiente deposicional preciso. No entanto, pode-se observar que cada afloramento corresponde a subambientes que estão intimamente interrelacionados entre si, isso quando eles não fazem parte de um mesmo subambiente. A partir disto, um esquema foi esboçado aonde ficou demonstrada a possível associação das fácies descritas a um único ambiente deposicional específico. (VER FIG. 51).

Um sistema deposicional transicional parece ser a interpretação mais correta para as exposições. Contra um sistema mais continental, do tipo fluvial no caso, coloca-se a ausência de depósitos típicos de canais fluviais ou de barras (com estratificações cruzadas tabulares e/ou acanaladas de médio porte) e ausência de material grosso (comum nas porções basais das sequências fluviais). Corroboram a idéia de um sistema transicional do tipo deltáico: a) a constatação de sedimentos de granulometria fina ao longo de quase todo o roteiro do trabalho de campo (poucos locais apresentaram areias médias); b) a ocorrência de várias localidades apresentando superfícies sobrepostas delimitadas por "ripple marks" que apontam diferentes direções de corrente (VER FIG. 52) - principalmente ao longo do trecho Floriano-Jerumenha; c) o registro de alguns afloramentos repletos de camadas sigmoidais areníticas (rodovia BR-343, próximo a Floriano); e d) a presença de pequenos canais (VER FIG.15). No entanto, não há indícios seguros de influência marinha. A matéria orgânica encontrada em todas as lâminas dos afloramentos descritos indica uma influência terrestre nos depósitos, e a alga do tipo *Botryococcus*, assinalada para o afloramento 4, ocorre apenas em águas doces ou, no máximo, salobras. Ou seja, existe uma grande influência terrestre indicada pelos dados paleontológicos e nenhuma marinha. Apenas na base da Formação Poti foram encontrados

FIG. 51. Ambientes deposicionais: A - possível integração lateral dos três subambientes encontrados nos quatro afloramentos estudados; o afloramento 1 representaria depósitos marginais, o afloramento 2, depósitos um pouco mais distais, e os afloramentos 3 e 4, depósitos distais de pequenas frentes deltaicas; em todos os casos a lâmina d'água era pouco espessa; B - demonstra a possível localização dos depósitos de nossos afloramentos dentro de um ambiente estuarino; C e D - mostram um sistema de ilha-barreira e a provável localização de nossos afloramentos dentro deste.

A

B

C

D

FIG. 52. Sobreposição de diversas superfícies delimitadas por "ripple marks", Estrada Floriano - Jerumenha, PI.

FIG. 53. Tempestito da base da Formação Poti, Serra de Campo Maior, PI.

depósitos seguramente marinhos (Serra de Campo Maior - VER FIG. 53). A partir deste contexto deduz-se que os depósitos analisados podem corresponder a interface entre as porções mais distais de um sistema fluvial e as mais proximais de um sistema costeiro. O sistema deposicional poderia ser considerado como transicional do tipo flúvio-deltáico, com sistemas estuarinos e lagunares localmente presentes.

Estes resultados são condizentes com o processo regressivo instalado na bacia durante o Eocarbonífero e que teria gerado um progressivo aumento da continentalidade nos depósitos da Formação Poti.

9.6. Paleoecologia

As formas de hábito psilofítico (*Paulophyton* e *Kegelidium*) são consideradas como higrófilas, colonizadoras de margens lacustres (Cúneo, 1986) ou estuarinas. As licófitas, por outro lado, são mais típicas de áreas baixas, inundáveis e com influência marinha (Cúneo, 1986; e Meyen, 1987). Frondes do tipo *Diplothemna* e *Adiantites* estariam relacionadas a ambientes higro-mesófilos (Remy e Remy, 1977, em Cúneo, 1986) vivendo, portanto, em áreas proximais ao longo dos corpos d'água. Frondes do tipo *Nothorhacopteris* são consideradas elementos higro-mesófilos por Archangelsky (1983). *Fedekurtzia*, uma forma possivelmente afim à espécie de *Triphyllopteris*, aqui presente, possui também requerimentos edáficos higro-mesófilos (Cúneo, 1986) que poderiam ser considerados os mesmos dessa forma trifoliada.

As fácies onde foram encontrados os vários fitofósseis corroboraram, em grande parte, as interpretações dos habitats fornecidas pela literatura acima. As formas psilofíticas e do tipo *Diplothemna* e *Adiantites* foram registradas geralmente em ambientes de baixa energia interpretados como depósitos marginais ou de fundos de lagos e lagunas em sistemas flúvio-deltáicos. Alguns destes depósitos (afloramento 1) denotam pouco transporte dos restos, indicando assim que tais formas viviam próximas aos sítios deposicionais, provavelmente nas cercanias dos corpos d'água. A boa representatividade e abundância dessas formas (excetuando-se *Adiantites*) nos registros, são mais um indicativo de sua proximidade aos sítios deposicionais. Por outro lado, formas como *Nothorhacopteris* e *Triphyllopteris* foram registradas apenas nas sequências mais arenosas, em ambientes de maior energia, o que pode ser interpretado de duas formas: a) os vegetais viviam em regiões mais a montante do sistema e seus restos atingiam os sítios deposicionais apenas quando influenciados por condições de maior transporte; b) os vegetais habitavam áreas marginais um pouco mais afastadas dos eixos principais de drenagem (ambientes mais mesófilos), as quais seriam atingidas esporadicamente,

somente quando ocorressem descargas torrenciais através do sistema (VER FIG. 54).

— AMBIENTES

- A- DEPÓSITOS MARGINAIS OU DE PLANÍCIE DE MARÉ FORMADOS POR PEQUENAS CORRENTES
- B- PORÇÕES MAIS DISTAIS DE DEPÓSITOS DE CANAIS OU DELTAS DE MARÉ FORMADOS POR AÇÃO DE FLUXOS AQUOSOS MAIS POTENTES
- C- DEPÓSITOS DISTAIS DE FUNDOS DE BAIAS OU COMPLEXOS ESTUARINO-LAGUNARES, FORMADOS EM BOA PARTE PELA DECANTAÇÃO DAS ARGILAS

FIG. 54. Paleoeecologia: possíveis relações entre os ambientes deposicionais e as respectivas assembléias fossilíferas encontradas.

10. Conclusões

Neste item sintetizam-se as principais conclusões alcançadas por este trabalho que são as seguintes:

- A flora da Formação Poti é composta de esfenófitas (calamitáceas), licófitas, morfograficamente, semelhantes as formas angáricas, possíveis pteridospermas do grupo das Calamopityales e/ou Lyginopteridales e prováveis progymnospermas.
- Formas férteis áfilas, tais como *Paulophyton* e *Kegelidium*, antes interpretadas como psilofíticas podem, na verdade, representar porções férteis masculinas de pteridospermas. As cúpulas encontradas representam porções férteis femininas de pteridospermas e são compatíveis com o grau evolutivo do que seriam as porções férteis masculinas (*Paulophyton* e *Kegelidium*). Todas as estruturas férteis descritas estão vinculadas, pela literatura existente, ao grupo das Lyginopteridales, o que está de acordo com os possíveis vínculos filéticos obtidos a partir das folhagens.
- A idade da flora, com base nos biocrons dos gêneros presentes, é mississippiana, possivelmente, entre o Viseano e Serpukoviano (Namuriano Inferior). Entretanto, uma idade mais antiga não pode ser descartada. A análise palinológica de uma das localidades fitofossilíferas identificáveis sinalizou uma idade mississippiana (Viseano). O grau evolutivo, tanto das estruturas vegetativas quanto das férteis, corresponde, principalmente, àquele encontrado em formas do Mississippiano da Região Euro-americana.
- A baixa diversidade, o pequeno porte dos vegetais, o caráter coriáceo das formas e a existência de licófitas similares as angáricas indicam que a flora poderia ter vivido sob condições de um clima temperado, o que é corroborado pelos dados litológicos levantados.
- A mistura de gêneros gondvânicos com gêneros euro-americanos caracteriza uma flora mista com formas intermediárias entre a desses dois reinos. A ocorrência de muitas formas

endêmicas, em nível específico, pode ser explicada por diferenças climáticas regionais.

- As formas da flora da Formação Poti demonstram afinidades morfológicas com algumas formas do Neocarbonífero da Argentina e, principalmente, com aquelas do Eocarbonífero do Perú e Bolívia. Dentro deste contexto a flora da Formação Poti representaria uma extensão a leste do registro do Reino Paraca.

- Considerado, o movimento translatitudinal da América do Sul durante o Carbonífero, as floras do Neocarbonífero da Argentina e Brasil representariam o registro ao Sul de floras adaptadas a um clima frio e/ou temperado que existiam ao norte do continente já no final do Eocarbonífero (Reino Paraca) e vieram gradativamente migrando em respostas a um controle climático. As diferenças encontradas na idade e na composição florística corroboram esta hipótese.

- Os restos vegetais depositaram-se em ambientes calmos dentro de um sistema deposicional transicional do tipo flúvio-deltaico.

12. Referências Bibliográficas

- AGUIAR, G.A. - 1971 - Revisão Geológica da Bacia do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. *Anais*. São Paulo, SBG. v. 3, p.113-122.
- ALLEMAN, V. & PFEFFERKORN, H.W. - 1988 - Licopods de Paracas: significación geológica y paleoclimatológica. *Boletín de la Sociedad Geológica del Peru*, 78: 131-136.
- ALBUQUERQUE, O.R. & DEQUECH, V. - 1950 - Contribuição para a geologia do Meio-Norte, especialmente Piauí e Maranhão, Brasil. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE MINAS E GEOLOGIA, 2., Petrópolis, 1946. *Anais*. Petrópolis, v. 3, p. 70-109.
- ANDRADE, S.M. & DAEMON, R.F. - 1974 - Litoestratigrafia e bioestratigrafia do flanco sudoeste da Bacia do Parnaíba (Devoniano e Carbonífero). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais*. Porto Alegre, SBG. v.2, p. 129-137.
- ARCHANGELSKY, S. - 1970 - *Fundamentos de Paleobotanica*. La Plata, Universidade Nacional de La Plata. 347p.
- ARCHANGELSKY, S. - 1981 - *Fedekurtzia*, a new Carboniferous frond from gondwanaland and its fructification. *American Journal of Botany*, 68:1130-1138.

- ARCHANGELSKY, S. - 1983 - *Nothorhacopteris*, a new generic name for some Carboniferous monopinnate fronds of Gondwanaland. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38: 157-172.
- ARCHANGELSKY, S. - 1984 - Floras Neopaleozóicas del Gondwana y su zonación estratigráfica - Aspectos paleogeográficos. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* , 70 (2): 135-150.
- ARCHANGELSKY, S. - 1986 - Late Paleozoic Floras of the Southern Hemisphere: Distribution, Composition, Paleoecology. In: Gastaldo, R. A. (Org.) *Land Plants: notes for a short course*. Knoxville, University of Tennessee. p. 129-142. (University of Tennessee. *Studies in Geology*, 15).
- ARCHANGELSKY, S. - 1989 - Plant distribution in Gondwana during the Late Paleozoic. In: Taylor, T.N. & Taylor, E. (Eds.) *Antarctic Paleobiology: and its role in the reconstructions of Gondwana*. Berlin, Springer - Verlag. p. 102-117.
- ARCHANGELSKY, S. & ARRONDO, O. G. - 1966 - Elementos Florísticos del Permico Argentino: II *Rhacopteris chubutiana* n.sp. de la Formación Nueva Lubecka, Provincia de Chubut. *Revista del Museo de La Plata. Nueva Serie. Paleontologia*, 5(28):1-16, 3pl.

- ARCHANGELSKY, S.; AZCUY, C.L. ; WAGNER, R.H. - 1981 - There dwarf lycophytes from the Carboniferous of Argentina. *Scripta Geologica*, 64:1-35.
- ARCHANGELSKY, S. & CUNEO, R. - 1991 - The Neopaleozoic floristic succession from Northwestern Argentina. A new perspective. In: INTERNACIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 7., São Paulo, 1988. *Proceedings*. São Paulo, Instituto de Geociências, p. 469-482.
- ARNOLD, C.A. - 1947 - *An Introduction to Paleobotany*. New York, Mac Graw - Hill. 433p.
- ARRONDO, O.G. - 1971 - *Rhacopteris Szajnochai* Kurtz de la Formacion Jejenes (Carbonico Superior), San Juan - *Palaeophytologia Kurtziana III. Ameghiniana*, 8(3-4):228-230.
- ARRONDO, O.; CÉSARI, S. N. ; GUTIERREZ, P. R. - 1991 - *Frenguella* a new genus of lycopods from the Early Carboniferous of Argentina. *Review of Paleobotany and Palinology*, 70: 187-197.
- AZCUY, C.L. - 1991 - Palinologia de La Formación Ambó (Carbonifero Inferior), Peru. *Ameghiniana*, 28 (1/2):200.
- AZCUY, C. L. & LAFITTE, G. - 1980 - Características palinológicas del perfil Arroyo Tuyunti, Sierra de Aguarague, Provincia de

Salta. In: **Meeting Project Upper Paleozoic of South America.**
3., p. 13 (IGCP Project, 42).

AZCUY, C. L. & LAFITTE, G. - 1981 - Palinologia de la Cuenca
noroeste Argentina. I Características de las asociaciones
carbónicas: problemas e interpretación. In: CONGRESO GEOLOGICO
ARGENTINO, 8., San Luiz, 1981. Actas. San Luiz, Asociacion
Geologica Argentina. v. 4, p. 823-838.

AZCUY, C. L. & OTTONE, E. G. - 1987 - Datos Palinológicos de la
Formacion Retama en la Encanada de Beu, Rio Alto Beni
(Bolivia). In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 4.,
Bolivia, 1987. v. 1, p. 235-249.

AZCUY, C. L. & SUAREZ-SORUCO, R. - 1984 - El género
Nothorhacopteris en el Paleozoico Superior de la Península
Copacabana, Bolivia. In: **Meeting Project Late Paleozoic of
South America**, 1., Bariloche. p. 45-46 (IGCP Project, 42).

BANKS, H.P. - 1980 - Floral Assemblages in the Siluro-Devonian.
In: Dilcher, D.L. & Taylor, T.N. (Eds.). **Biostratigraphy of
Fossil Plants - successional and paleoecological analyses.**
Stroudsburg, Dowden, Hutchinson e Ross. p.1-24.

BAPTISTA, M.B.; BRAUN, O.P.G.; CAMPOS, D.A. (Organs. e Coords.) -
1984 - **Léxico Estratigráfico do Brasil.** Brasília, Companhia de
Pesquisa de Recursos Minerais. 560p.

- BENSON, M. - 1935 - The fructification *Calathiops bernhardti* n. sp. *Annals of Botany*, 49:155-160.
- BONAMO, P.M. - 1983 - *Rellimia thomsonii* (Dawson) Leclercq and Bonamo (1973): the only correct name for the aneurophytalean progymnosperm. *Taxon*, 32(3):449-473.
- BONAMO, P.M. & BANKS, H.P. - 1967 - *Tetraxylopteris schmidtii*: its fertile parts and its relationships within the Aneurophytales. *American Journal of Botany*, 54:755-768.
- BOUREAU, E. & DOUBINGER, J. - 1975 - *Traité de Paléobotanique: Pteridophylla* (première partie). Paris, Masson. 768 p. v.4(2).
- CAMPANHA, V.A. & ROCHA-CAMPOS, A.C. - 1979 - Alguns microfósseis da Formação Piauí (Neocarbonífero), Bacia do Parnaíba. *Boletim IG-USP*, 10:57-67.
- CAPUTO, M. V. - 1985 - Late Devonian Glaciation in South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 51: 291-317.
- CAPUTO, M.V. & CROWELL, J.C. - 1985 - Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era. *Geological Society of America Bulletin*, 96:1020-1036.
- CAPUTO, M.V. & LIMA, E.C. - 1984 - Estratigrafia idade e Correlação do Grupo Serra Grande. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. Anais, Rio de Janeiro, SBG. v. 2, 740-759.

CARPENTIER, M.A. - 1925 - Note sur quelques empreintes de graines et microsporanges de pteridospermées provenant du Westphalien du Nord de la France. *Revue Générale de Botanique*, 37: 145-156.

CÉSARI, S. N. - 1986 - Megafloras de la Formacion Tupe en Sierra de Maz y Cienaga del Vallecito, Cuenca Paganzo, Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38: 111-137.

CÉSARI, S.N. - 1987 - *Diphothmema bondenbenderi* Kurtz nov. comb. (Pteridospermales?) del Carbonifero da Argentina. *Ameghiniana*, 24 (3/4): 263-269.

CHALONER, W.G. - 1968 - The cone of *Cyclostigma hiltorkense* Haughton, from the Upper Devonian of Ireland. *The Journal of the Linnean Society of London (Botany)*, 61(384):25-36.

CHALONER, W.G. - 1972 - Devonian plants from Fair, Isle, Scotland. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 14:49-61.

CHALONER, W.G. & BOUREAU, E. - 1967 - Lycophyta. In: Boureau, E.(Ed.) *Traité de Paléobotanique: Bryophyta. Psilophyta. Lycophyta*. Paris, Masson. p. 435-802. v.2.

- CHALONER, W. G. & LACEY, W. S. - 1973 - The distribution of Late Paleozoic Floras. **Special Papers in Palaeontology**, 12: 271-289.
- CHALONER, W.G.; LEISTIKOW, K.U. ; HILL, A. - 1979 - **Brasilodendron** gen. nov. and **B.pedroanum** (Carruthers) comb. nov., a Permian lycopod from Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 28:117-136.
- CHALONER, W.G. & MEYEN, S.V. - 1973 - Carboniferous and Permian Floras of Northern Continents. In: Hallam, A. (Ed.). **Atlas of Palaeobiogeography**. Amsterdam, Elsevier. p. 169-186.
- CHEN, Y.Y. & WRIGHT, R.C. - 1987 - Palynofacies analysis of the blue lias (Lower Jurassic) Desert, Southern England. In: SOCIETY ECONOMIC PALEONTOLOGISTS AND MINERALOGISTS GULF COAST SECTION ANNUAL RESEARCH CONFERENCE, 8., Houston, 1987. **Proceedings**. Houston, SEPM. p. 41-42.
- CREER, K. M. - 1972 - Paleomagnetism of Permocarboniferous rocks with special reference to South American Formations. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 44 (Supl.): 99-112.
- CROWELL, J. C. & FRAKES, L. A. - 1975 - The Late Paleozoic Glaciation. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 3, Canberra, 1973. **Papers**. Canberra, A. N. P. U. p. 313-331.

- CONEO, R. - 1986 - Ecologia de las Floras Neopaleozoicas Argentinas. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA, 4., Mendoza, 1986. Actas. Mendoza, Argentina. v. 1, p. 195-204.
- CONEO, R. - 1990 - La tafoflora de la Formación Mojon de Hierro (Grupo Tepuel) en la localidad Arroyo Garrido, Paleozoico Superior, Provincia de Chubut. *Ameghiniana*, 27(3/4):225-238.
- CUNHA, F. M. B. - 1986 - Evolução paleozóica da bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico. Rio de Janeiro, 107 p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/UFRJ).
- DABER, R. - 1959 - Die Mittel-Visé-Flora der Tiefbohrungen von Doberlug-Kichhain. *Geologie*, 8 (26): 1-83.
- DAEMON, R. F. - 1974 - Palinomorfos guias do Devoniano Superior e Carbonífero Inferior das Bacias do Amazonas e Parnaíba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46 (3/4): 549-807.
- DAEMON, R. F. - 1976 - Correlação bioestratigráfica entre os sedimentos do Siluriano, Devoniano e Carbonífero Inferior das do Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto, 1976. *Anais*. Ouro Preto, SBG. v.2, p.189-194.

- DAVIS Jr., R.A. - 1983 - **Depositional Systems: a genetic approach to sedimentary geology**. New Jersey, Prentice-Hall. 669p.
- DAVIS Jr., R.A. (Ed.) - 1985 - **Coastal Sedimentary Environments**. 2.ed. New York, Springer-Verlag. 716p.
- DELLA FAVERA, J. C. - 1990 - **Tempestitos da Bacia do Parnaíba**. Porto Alegre, 2 v. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/UFRGS).
- DIAZ, E.; ISSACSON, P. E.; LEMA, J. C.; CHRISTENSEN, K. L.; VAVRDOVA, M.; ANTELO PEREZ, B. - 1991 - **Significance of an Early Tournaisian (?) Glacial-Marine Diamictite, Northern Altiplano, Bolivia**. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN GEOLOGY AND STRATIGRAPHY, 12., Buenos Aires, 1991. **Abstracts**. Buenos Aires, p. 29-30.
- DIAZ MARTÍNEZ, E.; ISAACSON, P.E. ; SABLOCK, P.E. - 1993 - **Late Paleozoic latitudinal shift of Gondwana: stratigraphic/sedimentologic and biogeographic evidence from Bolivia**. **Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon**, 125:119-138.
- DiMICHELE, W.A. & ARONSON, R.B. - 1992 - **The Pennsylvanian-Permian vegetational transition: a terrestrial analogue to the onshore - offshore hypothesis**. **Evolution**, 46(3):807-824.

- DOLIANITI, E. - 1954 - A Flora do Carbonífero Inferior de Teresina, Piauí. Boletim. Departamento Nacional de Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, (148): 1-56.
- DOLIANITI, E. - 1962 - Vegetais Fósseis da Bacia Tocantins-Araguaia. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 34 (4): 477-481.
- DOLIANITI, E. - 1972 - Relações entre as Floras Paleozóicas do Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 44 (supl.): 113-117.
- DOLIANITI, E. - 1980 - Rhacopteris na Formação Poti, Estado do Piauí. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 52 (1): 165-169.
- DORAN, J.B.; GENSEL, P.G. ; ANDREWS, H.N. - 1977 - New occurrences of trimerophytes from the Devonian of eastern Canada. Canadian Journal of Botany, 56:3052-3068.
- DOUBINGER, J. & ALVAREZ-RAMIS, C. - 1980 - Nota sobre la flora de la Formacion Ambó, Carbonico Inferior del Peru. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA, 2., Buenos Aires, 1978. Actas. Buenos Aires, Asociacion Paleontologica Argentina. v. 4, p. 89-101.

- DUARTE, A. - 1936 - Fósseis da Sondagem de Therezina, Estado do Piauí. Notas Preliminares e Estudos. Divisão de Geologia e Mineralogia. DNPM, (2): 1-3.
- EGGERT, D.A. & TAYLOR, T.N. - 1971 - *Telangiopsis* gen. nov., an Upper Mississippian pollen organ from Arkansas. *Botanical Gazette*, 132:30-37.
- FAIRON-DEMARET, M. - 1986 - Some Uppermost Devonian. Megafloras: a stratigraphical review. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 109:43-48.
- FAUQUE, L.; LIMARINO, C.; CÉSARI, S. ; SABATTINI, N. - 1989 - El Carbonífero Inferior fosilífero del área del Río La Troya, Sudoeste de la Provincia de La Rioja. *Ameghiniana*, 26(1/2):55-62.
- FRENGUELLI, J. - 1943 - Acerca de la presencia de "*Rhacopteris ovata*" en el "Paganzo I" de Villa Unión, La Rioja. *Revista del Museo de La Plata. Nueva Serie Geologia*, 2:11-47.
- FRENGUELLI, J. - 1946 - Consideraciones acerca de la "Serie de Paganzo", en las Provincias de San Juan y La Rioja. *Revista del Museo de La Plata. Nueva Serie. Geologia*, 2:313-376.

- FRENGUELLI, J. - 1954 - Plantas devónicas de la Quebrada de la Charnela en la Precordillera de San Juan. *Notas del Museo de La Plata. Série Paleontologia*, 17(102):359
- FOLFARO, V.J. & POTTER, P.E. - (s. d. p.) - Phanerozoic Cratonic Basins of the Americas. *Geology* (NO PRELO)
- GALTIER, J. - 1981 - Structures foliaires de Fougères et pteridospermales du Carbonifère Inférieur et leur signification évolutive. *Palaeontographica B*, 180:1-38.
- GASTALDO, R.A. - 1986 - Selected aspects of plant taphonomic processes in coastal deltaic regimes. In: *Land Plants: notes for a short course*. Knoxville, University of Tennessee. p.27-44. (University of Tennessee. Studies in Geology, 15).
- GENSEL, P.G. - 1979 - Two *Psilophyton* species from the lower Devonian of eastern Canada with a discussion of morphological variation within the genus. *Palaeontographica B*, 168(4/6):81-99.
- GENSEL, P.G. & SKOG, J.E. - 1977 - Two early Mississippian seeds from the Price Formation of Southwestern Virginia. *Brittonia*, 29: 332-351.

- GÖES, A.M.O.; SOUZA, J.M.P. ; TEIXEIRA, L.B. - 1990 - Estágio explorativo e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 4(1):55-64.
- GRAHN, Y. - 1992 - Revision of Silurian and Devonian Strata of Brazil. *Palynology*, 16:35-61.
- HAMBREY, M.J. & HARLAND, W. H. (Eds.). - 1981 - *Earth's Pre-Pleistocene Glacial Record*. Cambridge, Cambridge University Press. p. 949-952.
- HIRMER, R. & GUTHÖRL, P. - 1940 - Die Karbon-Flora des Saargebietes. Abt. 3. Filicales und Verwandtes. 2. *Rhacopteris*. *Palaeontographica*, 9 (supl.):45-60.
- HÖEG, O.A. - 1967 - Psilophyta. In: Boureau, E. (Ed.). *Traité de Paléobotanique: Bryophyta. Psilophyta. Lycophyta*. Paris, Masson. p. 191-433 v.2.
- IANNUZZI, R.; DAEMON, R. F. ; SOUZA, P. A. - 1993 - A importância bioestratigráfica dos elementos florísticos (mega e microfloras) da localidade do Riacho do Roncador, Formação Poti, Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 65(3):328-329.
- IANNUZZI, R. & RÖSLER, O. - 1991 - Novos elementos da Flora da Formação Poti, Bacia do Parnaíba, Piauí e discussão sobre sua

- possível Idade Carbonífera. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 12., São Paulo, 1991. *Boletim de Resumos*. São Paulo, SBG. p. 43.
- IANNUZZI, R. & RÖSLER, O. - 1993 - Migração Florística na América do Sul durante o Carbonífero: uma hipótese de trabalho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 13, São Leopoldo, 1993. *Boletim de Resumos*. São Leopoldo, CPRM. p.198.
- IANNUZZI, R. ; RÖSLER, O. ; SUAREZ-SORUCO, R. - (s.d.p.) - A flora carbonífera de Belem, Península de Copacabana, Altiplano Boliviano e a importância de seus elementos no contexto paleoflorístico da América do Sul. *Facies y Fósiles de Bolivia*. (NO PRELO).
- JENNINGS, J.R. - 1976 - The morphology and relationships of *Rhodea*, *Telangium*, *Telangiopsis*, and *Heterangium*. *American Journal of Botany*, 63:1119-1133.
- JONGMANS, W. J. - 1954 - The Carboniferous Flora of Peru. *Bulletin of the British Museum of Natural History. Geology*, 2 (5): 191-223.
- JONGMANS, W. J.; GOTHAN, W.; DARRAH, W. C. - 1937 - Beiträge zur Kenntniss der Flore der Pocono-Schichten aus Pennsylvanian und Virginia. In: CONGRES DE STRATIGRAPHIE ET DE GEOLOGIE DU

- CARBONIFERE, 2., Herlen, 1935. *Compte Rendu. Heerlen.* v. 1, p. 423-444.
- KASPER, A.E.; ANDREWS, H.N. ; FORBER, W.H. - 1974 - New fertile species of *Psilophyton* from the Devonian of Maine. *American Journal of Botany*, 61(4):339-359.
- KEGEL, W. - 1952 - Sobre a Formação Piauí (Carbonífero Superior) no Araguaia. *Notas Preliminares e Estudos. Divisão de Geologia e Mineralogia, Departamento Nacional da Produção Mineral*, (56):1-7.
- KEGEL, W. - 1953 - Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba. *Boletim. Departamento Nacional de Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia*, (141):7-48.
- KEGEL, W. - 1954 - Lamelibrânquios da Formação Poti (Carbonífero Inferior) do Piauí. *Notas Preliminares e Estudos. Divisão de Geologia e Mineralogia. Departamento Nacional de Produção Mineral*, (88):1-15.
- KEMP, E. M. - 1975 - The Palynology of Late Paleozoic Glacial Deposits of Gondwanaland. In: *INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM*, 3., Canberra, 1973. *Papers. Canberra, A. N. P. U.* p. 397-413.

- KIDSTON, R. - 1923 - Fossil Plants of Carboniferous Rocks of Great Britain. *Memoirs of the Geological Survey of Great Britain, Paleontology*, 2 (1-6): 1-670.
- KRAUSEL, R. - 1957 - *Paulophyton jongmansii* n. sp. eine pflanze altertümlichen Baues aus dem Namur des Ryghrgebietes. *Mededelingen van de Geologische Stichting, Neu Serie.*, 11:21-25.
- KRAUSEL, R. - 1961 - *Lycopodiopsis derbyi* Renault und einige andere Lycopodiales aus den Gondwana-schichten. *Palaeontographica B*, 109:62-92.
- KREMP, G.O. - 1974 - A re-evaluation of global plant-geographic provinces of the Late Paleozoic. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 17:113-132.
- LANZONI, E. & MAGLOIRE, L. - 1969 - Associations palynologiques et leurs applications stratigraphiques dans le Dévonien Supérieur et Carbonifère Inférieur du Grand Erg Occidental (Sahara Algérien). *Revue de L'Institut Français du Pétrole*, 24(4):441-469.
- LECLERCQ, S. & BANKS, H.P. - 1962 - *Pseudosporochnus nodosus* sp. nov., a Middle Devonian plant with cladoxylalean affinities. *Palaeontographica B*, 110:1-34.

- LEGUIZAMON, R. & VEGA, J.C. - 1990 - El genero *Triphylopteris* (morfogenero de frondes) en el Carbonifero de la Republica Argentina. *Ameghiniana*, 27(3-4):305-309.
- LEGUIZAMON, R. & ARCHANGELSKY, S. - 1981 - Dos nuevas *Primofilices* Carbonicas de las Provincias de La Rioja y San Juan. *Ameghiniana*, 18 (1/2): 103-112.
- LIMA, E.A.M. & LEITE, J.F. - 1978 - Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba: Integração Geológica Metalogenetica. Rio de Janeiro, CPRM/DNPM,.35v. (Relatório Final)
- LIMA FILHO, F.P. - 1991 - Fácies e Ambientes deposicionais da Formação Piauí (Pensilvaniano), Bacia do Parnaíba. São Paulo, 137p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP).
- LISBOA, A.M. - 1914 - The Permian Geology of Northern Brazil. *American Journal of Science*, 37(221):425-442.
- LOBOZIAK, S. & ALPERN, B. - 1978 - Le Bassin Houiller Viseen D'Agades (Niger)III: Les Microspores. *Palinologia*. Número Extraordinario, 1:55-67.
- LOBOZIAK, S.; STREEL, M.; CAPUTO, M. V.; MELO, J. H. G. - 1992 - Middle Devonian to Lower Carboniferous Miospore Stratigraphy in

- the Central Parnaíba Basin (Brazil). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 115 (1): 215-226.
- LONG, A.G. - 1960 - *Stannostoma huttonense* gen. et sp. nov. - a Pteridosperm seed and cupule from the Calcififerous Sandstone Series of Berwickshire. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 64(9):201-215.
- LONG, A.G. - 1962 - *Tristichia ovensi* gen. et sp. nov., a Protostelic Lower Carboniferous Pteridosperm from Berwickshire and East Lothian, with an Account of some Associated Seeds and Cupules. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 64 (18):477-492.
- McKERROW, W. S. & SCOTese, C. R. - 1990 - *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography*. London, The Geological Society. 435 p. (Geological Society Memoir, 12).
- MESNER, J.C. & WOOLDRIDGE, L.C.P. - 1964 - Maranhão Paleozoic Basin and Cretaceous coastal basins, North Brazil. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 48:1475-1512.
- MELO, J.H.G. - 1988 - The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. In: McMillan, N.J.; Embry, A.F.; Glass, D.J. (Eds.). *Devonian of the World*. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists. v.1, p.669-703. (CSPG, Memoir, 14).

- MEYEN, S.V. - 1969 - New data on relationship between Angara and Gondwana Late Paleozoic Floras. In: GONDWANA STRATIGRAPHY, Buenos Aires, 1967. IUGS Symposium. Paris, UNESCO p. 141-157. (Earth Sciences, 2).
- MEYEN, S.V. - 1972 - Are there ligula and parichnos in Angara Carboniferous lepidophytes? Review of Palaeobotany and Palynology, 14:149-157.
- MEYEN, S.V. - 1976 - Carboniferous and Permian Lepidophytes of Angaraland. Palaeontographica B, 157:112-157.
- MEYEN, S.V. - 1977 - Relation of Angara and Gondwana Floras: a century of controversies. In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 4, Calcutta, 1977. Papers. Calcutta, v. 1, p.45-50.
- MEYEN, S. V. - 1979 - On the origin and relationship of the main Carboniferous and Permian Floras and their bearing on general paleogeography of this period of time. In: GONDWANA SYMPOSIUM, 2., South Africa, 1979. Proceedings and Papers. South Africa. p. 551-555.
- MEYEN, S.V. - 1984 - Basic features of gymnosperm systematics and phylogeny as shown by the fossil record. Botanical Review, 50:1-111.

- MEYEN, S. V. - 1987 - **Fundamentals of Palaeobotany**. London, Chapman & Hall. 432 p.
- MILLAN, J.H. - 1965 - Considerações sobre as sementes do carbonífero do Brasil. **Notas Preliminares de Estudo. Divisão de Geologia e Mineralogia. Departamento Nacional do Produção Mineral**, (123):1-18.
- MILLAN, J.H. - 1975 - Tafoflórula Monte Mor do Estado de São Paulo: seus elementos e seu significado no Gondwana Inferior do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, 5(1):1-14.
- MILLAN, J.H. - 1987 - Os Pisos florísticos do carvão do Subgrupo Itararé do Estado de São Paulo e suas implicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10., Rio de Janeiro, 1987. **Anais**. Rio de Janeiro, SBP. v. 2, p.831-857.
- MILLAY, M.A. & TAYLOR, T.N. - 1979 - Paleozoic seed fern pollen organs. **The Botanical Review**, 45:301-375.
- ODREMAN, R. O. & WAGNER, R. H. - 1979 - Precisiones sobre algunas floras Carboníferas y Permicas de los Andes Venezolanos. **Boletín de Geología. Caracas**, 13 (25): 77-79.
- OLIVEIRA, E. - 1934 - Ocorrência de plantas Carboníferas da Flora Cosmopolita no Estado do Piauí. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 6 (3): 113-118.

- OLIVEIRA, E. - 1935 - Sphenopterídeos do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 7 (4): 301-313.
- OVIEDO, E. S.; VALENCIO, D. A. ; VILLAS, J. F. - 1985 - Geodynamical and paleoclimatological implications of South America Late Paleozoic paleomagnetic data. In: **Meeting Project Late Paleozoic of South America**, 2., Bogotá, p. 21 (IGCP Project, 211).
- PAIVA, G. & MIRANDA, J. - 1937 - Carvão Mineral do Piauí. **Boletim. Divisão de Fomento da Produção Mineral. DNPM**, (20): 1-92.
- PARRISH, J.T. - 1989 - Gondwana Paleogeography and Paleoclimatology. In: Taylor, T.N. & Taylor, E. (Eds.). **Antarctic Paleobiology: and its role in the reconstructions of Gondwana**. Berlin, Springer-Verlag. p. 15-26.
- PFEFFERKORN, H. W. & ALLEMAN, V. - 1989 - New Climatic Belt in Carboniferous of Southern Hemisphere. In: **INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS**, 28., Washington, 1989. **Abstracts**. International Union of Geological Sciences. v. 2, p. 602.
- QUADROS, L.P. - 1975 - Organopalinologia na Prospeção de Petróleo. **Boletim Técnico da PETROBRAS**, 18(1):3-11.

- QUADROS, L. P. - 1982 - Distribuição bioestratigráfica dos Chitinozoa e Acritarchae na Bacia do Parnaíba. Tese de Mestrado, Rio de Janeiro, Petrobrás/CENPES/SINTEP. *Ciência-Técnica-Petróleo. Exploração de Petróleo*, 12: 1-76.
- RAYMOND, A.; PARKER, W.C. ; PARRISH, J.T. - 1985 - Phytogeography and Paleoclimate of the Early Carboniferous. In: Tiffney, B.H. (Ed.). *Geological Factors and the Evolution of Plants*. New Haven, Yale University Press. p. 169-222.
- READ, C.B. - 1955 - Floras of the Pocono Formation and Price sandstone in parts of Pennsylvania, Maryland, West Virginia and Virginia. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 263:1-32.
- READING, H.G. - 1989 - *Sedimentary environments and facies*. 2.ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 615p.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B. - 1980 - *Depositional sedimentary environments*. 2.ed. Berlin, Springer-Verlag. 549p.
- REX, G.M. & CHALONER, W.G. - 1983 - The experimental formation of plant compression fossils. *Palaeontology*, 26 (2):231-252.
- RIGBY, J. F. - 1969 - A Reevaluation of the Pre-Gondwana Carboniferous Flora. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 41 (3): 393-413.

- ROBERTS, J.; CLAOUE-LONG, J. C. ; JONES, P. - 1991 - Calibration of the Eastern Australian Carboniferous-Early Permian by SHRIMP Ion Microprobe Zircon Analyses. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN GEOLOGY AND STRATIGRAPHY, 12., Buenos Aires, 1991. **Abstracts**. Buenos Aires. p. 74
- ROCHA-CAMPOS, A. C. & ARCHANGELSKY, S. - 1985 - South America. In: Martinez Diaz, C. (Ed.). **The Carboniferous of the World II: Australia, Indian Subcontinent, South Africa, South America e North Africa**. España, Instituto Geologico y Minero de España. p. 175-297.
- RÖSLER, O. - 1976 - Paleofloristic considerations based on Upper Paleozoic Taphofloras of the Parana Basin (Brazil) in relation to Palaeogeografic studies. **Courier Forschungs Institut Senckenberg**, 17: 89.
- RÖSLER, O. & CIGUEL, J. H. G. - 1985 - Plantas fósseis do quilômetro 63 da Rodovia Teresina-Picos, Estado do Piauí (Formação Poti, Carbonífero Inferior ?). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9., Fortaleza, 1985. **Resumo das Comunicações**. Fortaleza, SBP. p. 55
- RÖSLER, O.; IANNUZZI, R. ; SUAREZ-SORUCO, R. - 1989 - A Flora Carbonífera da Formação Kasa em Belem, Península de Copacabana, Altiplano Boliviano, e a importância das formas trifoliadas.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11., Curitiba, 1989.
Resumo das Comunicações. Curitiba, SBP. p. 45-46

SCHECKLER, S.E. - 1974 - Systematic characters of Devonian ferns.
Annals of the Missouri Botanical Garden, 61:462-473.

SCHIMPER, W. Ph. - 1869 - **Traité de Paleontologie végétale ou la flore du monde primitif.** Paris, Masson. 452p. Tome I

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (Coords.)
- 1984 - **Geologia do Brasil.** Brasília, Departamento Nacional da
Produção Mineral. 501p.

SCHWEITZER, H.J. & MATTEN, L.C. - 1982 - **Aneurophyton germanicum**
and **Protopteridium thomsonii** from the Middle Devonian of
Germany. **Palaeontographica B**, 184:65-106.

SESSAREGO, H. & CÉSARI, S. N. - 1989 - An Early Carboniferous
Flora from Argentina. Biostratigraphic implications. **Review of
Paleobotany and Palynology**, 57 (3/4): 247-264.

SEYFERT, C. K. & SIRKIN, L. A. - 1979 - **Earth History and Plate
Tectonics: an introduction to History Geology.** New York, Harper
& Row . 600 p.

SEWARD, A.C. - 1962 - **Fossil Plants.** New York, Hafner. 656p. v.3.

- SCOTESE, C. R.; BAMBACH, R. K.; BARTON, C.; VAN DER VOO, R.; ZIGLER, A. M. - 1979 - Paleozoic base maps. *Journal of Geology*, 87 (3): 217-277.
- SCOTESE, C.R. & BARRET, S.F. - 1990 - Gondwana's movement over the South Pole during the Palaeozoic: evidence from litological indicators of climate. In: McKerrow, W.S. & Scotese, C.R. (Eds.) *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography*. London, The Geological Society. p.75-86. (Geological Society Memoir, 12).
- SCOTT, A.C.; CHALONER, W.G. ; PATERSON, S. - 1985 - Evidence of pteridophyte arthropod interactions in the fossil record. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 86B:133-140.
- SCOTT, A.C. & MEYER-BERTHAUD, B. - 1985 - Plants from the Dinantian of Foulden, Berwickshire, Scotland. *Transaction of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 76:13-20.
- SKOG, J.E., & GENSEL, P.G. - 1980 - A fertile species of *Triphyllopteris* from the early Carboniferous (Mississippian) of Southwestern Virginia. *American Journal Botany*, 67:440-451.
- SMITH, D.L. - 1959 - *Geminitheca scotica* gen. et sp. nov.: a Pteridosperma from the Lower Carboniferous of Dunbartonshire. *Annals of Botany, New Series*, 23(91):477-491.

- STEWART, W.N. - 1985 - **Paleobotany and the evolution of plants.**
Cambridge, Cambridge University. 405.p.
- STOPA, S.Z. - 1957 - Les feuilles de fougères (Pteridophylla) du
Namurien Supérieur et du Westphalien le plus bas dans le bassin
houiller de la Haute Silésie. *Instytut Geologiczny*, 13:1-208.
- STREEL, M. - 1986 - Miospore contribution to the upper Famennian -
Strunian event stratigraphy. *Annales de la Société Géologique
de Belgique*, 109 (special volume): 75-92.
- SUAREZ-SORUCO, R. - 1986 - The Carboniferous System of Bolivia: a
brief summary. In: **Meeting Project Late Paleozoic of South
America**, 3., Córdoba. p. 11-26 (IGCP Project, 211).
- SUNDARAM, D.; CARVALHO, R. G. ; COIMBRA, A. M. - 1981 - Lower
Carboniferous palynomorphs from Poti Formation, Parnaíba Basin,
Brazil. *Boletim IG-USP*, 12: 23-32.
- TAYLOR, T.N. - 1981 - **Paleobotany: an introduction to fossil plant
biology** New York, McGraw-Hill. 589p.
- THOMAS, B.A. & MEYEN, S.V. - 1984 - A system of form-genera for
the Upper Palaeozoic lepidophyte stems represented by
compression-impression material. *Review of Palaeobotany and
Palynology*, 41:273-281.

- TIMS, J.D. & CHAMBERS, T.C. -1984 - Rhyniophytina and Trimerophytina from the Early Land Flora of Victoria, Australia. *Paleontology*, 27(2):265-279.
- VALENCIO, D. A. & VILLAS, J. - 1987 - Paleomagnetismo de Formaciones Neopaleozoicas de America del Sur. In: Archangelsky, S. (Ed.). *Sistema Carbonifero en la Republica Argentina*. Cordoba, Academia Nacional de Ciencias. p. 313-324.
- WAGNER, R.H. - 1984 - Megafloral zones of the Carboniferous. CONGRES INTERNATIONAL DE STRATIGRAPHIE ET DE GEOLOGIE DU CARBONIFERE, 9. Urbana, 1979. *Compte Rendu*. Urbana, Southern Illinois University. v.2, p.109-134.
- WALKER, R.G. (Ed.) - 1984 - *Facies Models*. 2.ed. Toronto, Geological Association of Canada. 317p. (Geoscience Canada, reprint Serie 1).
- WALTON, J. - 1931 - Contributions to the knowledge of Lower Carboniferous Plants - III. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 219:347-379.
- WALTON, J. - 1940 - *An introduction to the study of fossil plants*. London, Adam e Charles Black. 188p.

- WALTON, J. - 1949 - *Calathospermum scoticum* - An Ovuliferous Fructification of Lower Carboniferous Age from Dunbartonshire. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 61(25):719-728.
- WHITE, D. - 1904 - The seeds of *Aneimites*. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 47:322-331.
- WHITE, D. - 1943 - Lower Pennsylvanian species of *Mariopteris*, *Kremopteris*, *Diplothmema* and *Aneimites* from the Appalachian region. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 197C:1-140.
- ZIMMERMANN, W. - 1952 - Main results of the "Telome Theory". *The Palaeobotanist*, 1:457-470.

ESTAMPA 1

Diplothemema gothanica (1-10):

1) GP/3E - 4467 - detalhe de uma pina com ráquis sinuoso; 2) DGM 669 - Pb - holótipo - detalhe de uma pina quase completa; 3) DGM 682 - Pb - espécime tripinado com as ráquis inseridas em ângulos agudos; 4) DGM 673-Pb - espécime bipinado com ráquis inseridas em ângulos agudos e as pinas curtas; 5) DGM 1009 - Pb - nervação dos lóbulos (antiga *Adiantites santosi*); 6) DGM 677 - Pb - porção terminal de uma pina (holótipo da antiga *Adiantites oliveiranus*); 7) GP/3E - 5689 - porção terminal de uma pina; 8) DGM 1009 - Pb e 9) DGM 1002 -Pb - detalhe da nervação dos lobos e lóbulos; 10) DGM 1009 - Pb - detalhe da nervação, notar o contorno indistinto do limbo(antiga *A. santosi*).

5), 8), 9) e 10) reproduzidos de Dolianiti, 1954, respectivamente: Fig. 1 da estampa V, Fig. 4 e Fig. 2a da estamp. I e Fig. 2a da estamp. IV.

Escala - cada unidade = 1 mm; 5) = 11,5x; 8) e 9) = 4,3x; 10) = 3,4x.

ESTAMPA 1

ESTAMPA 2

Diplothemema gothanica (1-4, 6-7):

1) e 3) GP/3E - 4453 - 1) espécime bipinado com ráquis secundárias em planos ligeiramente distintos (pseudo-fronde); 3) aspecto geral do espécime; 2) GP/3E - 4485 - porção basal da fronde com dupla bifurcação da ráquis principal ou primária; 4) e 6) DGM 1009 - Pb - porção terminal de uma pina (antiga *Adiantites oliveiranus*, comparar com 7); 7) DGM 1002 - Pb - porção terminal de uma pina (antiga *A. gothanica*, comparar com 4 e 6, e notar a ausência de diferenças, principalmente com espécime 4);

Diplothemema bodenbenderi (5 e 8):

5) BAFC - Pb - 12701 - ráquis principal com "zig-zag" e as pínulas palmadas (coleção Museo de La Plata); 8) LPPB 2443 - holótipo - pínulas palmadas com ápices semi-truncados ou curtamente emarginados (coleção UBA);

Adiantites sp. (9 - 13):

9) DGM 1023 - Pb - detalhe da nervação, pínula apical semi-dividida; 10) DGM 1010 - Pb - holótipo - pínulas curtamente pecioladas; 11) DGM 1923 - Pb - pínulas curtamente pecioladas, ráquis longa, frouxa e estreita; 12) DGM 1913 - Pb - possível ráquis principal de *Adiantites* sp.; 13) DGM 1914 - Pb - pínulas curtamente pecioladas idênticas as do espécime 10), ráquis de última e penúltima ordens longas, estreitas e frouxas.

Escala - 2) e 3) = 2 cm; 5) e 8) cada unidade = 1 cm; demais figs. - cada unidade = 1 mm.

ESTAMPA 2

ESTAMPA 3

Paulophyton sommeri (1-10):

1) e 2) GP/3E - 4460 - 1) aspecto geral do sistema de ramificação tridimensional misto (pseudomonopodial x simpodial); 2) detalhe, notar dois esporângios terminais a esquerda e acima; 3) GP/3E - 4461 - porções terminais do sistema de ramificação; 4) DGM 672 - Pb - esporângio isolado com fileiras longitudinais de células de revestimento e a ausência de sinal de deiscência; 5) e 6) GP/3E - 185b, 7) e 9) DGM 672a e b - Pb, e 8) DGM 1002 - Pb - detalhe do arranjo dos esporângios terminais; 10) GP/3E - 4449 - porções distais dos eixos laterais.

4), 7) e 8) reproduzidos de Dolianiti, 1954, respectivamente: fig. 6a, fig.4 e fig.3 da estamp. X.

Escala - 1) e 10) = 2 cm; 4) = 47x; 7) e 8) = 4,2x; demais figs.

- cada unidade = 1 mm.

ESTAMPA 3

ESTAMPA 4

Paulophyton sommeri (1-2):

1) GP/3E - 4493 - eixo principal relativamente largo; 2) GP/3E - 4474 - espécime com eixos secundários relativamente longos;

Paulophyton sp. 1 (3 - 10):

3) e 4) GP/3E - 187 - esporângios terminais inseridos em talos recurvados; 5) GP/3E - 5752 e 6) GP/3E - 5754 - espécimes com eixos secundários curtos; 7) GP/3E - 5698a, 9) GP/3E - 5753, e 10) GP/3E - 5698b - aspecto geral da forma, esporângios terminais inseridos em talos recurvados; 8) GP/3E - 5723 - porções distais dos eixos laterais estéreis.

Escalas - 1) e 5) = 2 cm; demaiss figs.- cada unidade = 1 mm.

ESTAMPA 4

ESTAMPA 5

Kegelidium lamegoi (1-4):

1) DGM 1012 - Pb, e 4) GP/3E - 5740 - eixo principal "tipo-arvoredo", em 1) os esporângios encontram-se dispersos na matriz (à direita, embaixo); 2) DGM 1012 - Pb - esporângios com estriações longitudinais e ausência de sinais de deiscência; 3) DGM 1019 - Pb - coroas de esporângios terminais;

Ursodendron? brasiliensis (5-9):

5) DGM 1181 - Pb - aspecto geral do caule; almofadas foliares salientes e distanciadas entre si; 6) DGM 1186 - Pb - detalhe da contra-impressão de uma almofada foliar e do tecido de revestimento caulinar; 7) DGM 1179 - Pb - provável corte proximal de uma folha; 8) DGM 1181 - Pb - detalhe da almofada foliar saliente e do tecido de revestimento do caule; 9) DGM 1178 - Pb - aspecto geral da contra-impressão de um caule.

1) e 2) reproduzidas de Dolianiti, 1954, respectivamente: fig. 1 da estamp. VIII e fig. 1 da estamp. IX.

Escala 1) = 0,9x; 2) = 11x; demais figs. - cada unidade = 1mm.

ESTAMPA 5

1

2

3

4

5

6

8

7

9

ESTAMPA 6

Triphyllopteris adiantoides (1, 2 e 4):

1) e 4) DGM 1681 - Pb - aspecto geral de uma fronde bipinada (ráquis principal à esquerda); 2) DGM 1862 - Pb - detalhe das pínulas e venação;

Nothorhacopteris sp. 1 (3):

3) DGM 1680 - Pb - detalhe da pínula inteira e do ráquis principal;

Nothorhacopteris sp.2 (5-6):

5) GP/3E - 5683b, e 6) GP/3E - 5684a - fragmentos de pinas, pínulas incisas.

Nothoracopteris sp. (7):

7) LPPB 12165 - fragmento de uma pina com pínulas incisas (coleção Museo de La Plata).

Escala - 7) - cada unidade = 1 cm; demais figs. - cada unidade = 1 mm.

ESTAMPA 6

ESTAMPA 7

Nothorhacopteris sp. 2 (1):

1) GP/3E - 5683a - detalhe da pínula;

Stannostoma? sp. (2-5):

2) à 5) DGM 1006 - Pb - detalhe das cúpulas lobadas, observar subdivisão dos lobos nas figs. 2) e 4).

Escala - 1) e 4) - cada unidade = 1 mm; 2), 3) e 5) - cada unidade = 5 mm.

ESTAMPA 7

ESTAMPA 8

Principais palinomorfos encontrados nas lâminas 6 e 7 correspondentes ao afloramento 4, margens do Riacho do Roncador:

- 1) *Phyllothecotriletes* 840
- 2) *Retusotriletes* sp.
- 3) *Verrucosisporites* 2411
- 4) *Verrucosisporites* sp.
- 5) *Reticulatisporites* F-2322
- 6) *Reticulatisporites* F-2421
- 7) *Convolutispora* sp.
- 8) *Auroraspora* sp.
- 9) *Spelaeotriletes* sp.
- 10) *Vallatisporites* F-2357?
- 11) *Lycospora* sp.
- 12) *Apiculatisporites* sp.
- 13) *Spelaeotriletes* F-2507?
- 14) *Schopfipollenites* sp.
- 15) *Botryococcus* sp.
- 16) *Grandispora* F-2043.
- 17) *Micrhystridium* sp.
- 18) *Grandispora* F-2065
- 19) *Grandispora daemonii*
- 20) *Maranhites brasiliensis*

ESTAMPA 8

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20