

LUCIANO GANDIN MACHADO

**COOKSONIALES DA FORMAÇÃO FURNAS (EODEVONIANO) DO ESTADO DO
PARANÁ, BRASIL.**

Monografia apresentada para obtenção do Título de Bacharelado no Curso de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Robson Tadeu Bolzon.

Co-orientador: Prof^a Dr^a Inês Azevedo.

CURITIBA

2004

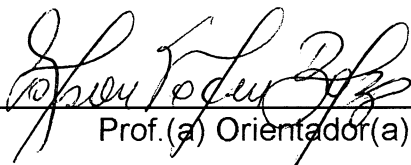
TERMO DE APROVAÇÃO

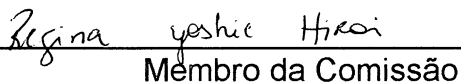


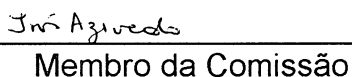
**PARECER DA COMISSÃO DE AVALIAÇÃO
DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DA DISCIPLINA
DE ESTÁGIO CURRICULAR**

Aos 06 dias do mês de março de 2004, a Comissão de Avaliação da Monografia de Estágio Curricular do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, composta por Robson Tadeu Bolzon, Inês Azevedo e Regina Hirai, reuniu-se para proceder a avaliação da Monografia "Cooksoniales da Formação Furnas (Eodevoniano) do Estado do Paraná, Brasil" de autoria de Luciano Gandin Machado.

A Comissão julgou o trabalho e atribuiu a nota 100 (com pontos)


Prof.(a) Orientador(a)


Membro da Comissão


Membro da Comissão

Curitiba, 06 de março de 2004.



FICHA DE AVALIAÇÃO

ALUNO(A): LUCIANO GANDIN MACHADO

PROF(A) ORIENTADOR(A): ROBSON TADEU BOLZON
PROF(A) CO-ORIENTADOR(A): INÊS AZEVEDO

DISCIPLINA: GC-093 ESTÁGIO EM PALEONTOLOGIA

TÍTULO DA MONOGRAFIA: "Cooksoniales da Formação Furnas (Eodevoniano) do Estado do Paraná, Brasil"

AVALIADOR: *ROBSON TADEU BOLZON*

ASSINATURA: *Robson Tadeu Bolzon*

DATA: *06/03/2004*

NOTA DA AVALIAÇÃO: *100 (sem partes)*

Obs.: A nota deverá ser atribuída para o conjunto: trabalho escrito e apresentação pública com argüição.



FICHA DE AVALIAÇÃO

ALUNO(A): LUCIANO GANDIN MACHADO

PROF(A) ORIENTADOR(A): ROBSON TADEU BOLZON
PROF(A) CO-ORIENTADOR(A): INÊS AZEVEDO

DISCIPLINA: GC-093 ESTÁGIO EM PALEONTOLOGIA

TÍTULO DA MONOGRAFIA: "Cooksoniales da Formação Furnas (Eodevoniano) do Estado do Paraná, Brasil"

AVALIADOR: REGINA YOSHIE HIRAI

ASSINATURA: Regina Yoshie Hirai

DATA: 06/03/2004

NOTA DA AVALIAÇÃO: 100

Obs.: A nota deverá ser atribuída para o conjunto: trabalho escrito e apresentação pública com arguição.



FICHA DE AVALIAÇÃO

ALUNO(A): LUCIANO GANDIN MACHADO

PROF(A) ORIENTADOR(A): ROBSON TADEU BOLZON
PROF(A) CO-ORIENTADOR(A): INÊS AZEVEDO

DISCIPLINA: GC-093 ESTÁGIO EM PALEONTOLOGIA

TÍTULO DA MONOGRAFIA: "Cooksoniales da Formação Furnas (Eodevoniano) do Estado do Paraná, Brasil"

AVALIADOR: *Inês Azevedo*

ASSINATURA: *Júni Azevedo*

DATA: *06.03.2004*

NOTA DA AVALIAÇÃO: *100*

Obs.: A nota deverá ser atribuída para o conjunto: trabalho escrito e apresentação pública com argüição.

O que distingue um cientista de um não-cientista é o fato de que o primeiro confessa imediatamente a própria ignorância.

HEINZ VON FOERSTER

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Departamento de Geologia da UFPR, por possibilitar a utilização do Laboratório de Paleobotânica. Agradeço a CNPq pela bolsa PIBIC durante minha participação no programa de iniciação científica PRPPG-UFPR / 2003. Ao Prof. Luiz Eduardo Mantovani, Chefe do Departamento de Geologia e Daniel Cesar Antunes Paredes, Secretário do Departamento de Geologia, por resolverem as questões burocráticas envolvidas com a minha monografia. Ao Departamento de Botânica da UFPR, pela utilização do Laboratório de Microscopia Óptica, em especial, a Prof^a Cleusa Bona, pelo auxílio na captura de algumas das imagens contidas neste trabalho. A Bióloga e Técnica em Assuntos Educacionais Rosane Cavet Martins que durante minha vida acadêmica esteve disposta a me auxiliar. Ao Prof. Marco Antonio Ferreira Randi, Coordenador do Curso de Ciências Biológicas, pelo apoio nas matrículas semestrais e no encaminhamento do projeto de monografia. Em especial, aos meus orientadores e amigos Prof. Robson Tadeu Bolzon e Prof^a Inês Azevedo, os quais tenho profunda admiração e respeito, por procurarem sempre me ajudarem mostrando-me os melhores caminhos a serem seguidos. E a minha família, por incentivar e dar apoio para a conclusão desta etapa da vida.

SUMÁRIO

TERMO DE APROVAÇÃO.....	I
EPÍGRAFE.....	VI
AGRADECIMENTOS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
RESUMO.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
2.1 Considerações Sobre a Formação Furnas.....	16
4. SISTEMÁTICA	
4.1 Considerações Sistemáticas.....	19
4.2 Identificação do material.....	21
<i>Cooksonia paranensis</i> GERRIENNE <i>et. al.</i> , 2001.....	21
<i>Cooksonia</i> LANG, 1937.....	24
ESPORÂNGIOS INDETERMINADOS.....	26
EIXOS ESTÉREIS INDETERMINADOS.....	28
5. CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do afloramento estudado.....	14
Figura 2 - Vista geral do afloramento.....	15
Figura 3 - Metodologia utilizada para determinar as dimensões do esporângio.....	15
Figura 4 - Perfil litoestratigráfico do afloramento.....	17
Figura 5 - Cronoestratigrafia e Litoestratigrafia do Grupo Paraná.....	18
Figura 6 - Provável paleolatidade do Paraná no Eodevoniano.....	18
Figura 7 - Reconstituição de algumas plantas vasculares primitivas.....	20
Figura 8 - Rhyniophyta: Rhyniales e Cooksoniales.....	22
Figura 9 - Morfologia dos esporângios isolados.....	25
Figura 10 - Morfologia dos eixos estéreis.....	29

RESUMO

No Estado do Paraná, as ocorrências das primeiras plantas vasculares adaptadas à vida no continente situam-se estatigraficamente no topo da Formação Furnas (Grupo Paraná), de idade Eodevoniano (Lochkoviano a Praguiano). O intervalo é interpretado como um paleoambiente marinho costeiro sujeito à ação de ondas normais e tempestades. O objetivo do presente trabalho foi realizar a identificação sistemática e taxonômica do material coletado no afloramento da Rodovia Ponta Grossa-Castro (25°00'12"S; 50°08'13"W), Carambeí, Paraná. Para a descrição morfológica e a identificação dos exemplares foram analisados: o modo de fossilização; a forma do esporângio; o contato entre o esporângio e o eixo; a altura e o diâmetro do esporângio; o número de ramificações; a forma das ramificações; o comprimento dos eixos entre as ramificações; a ornamentação, o comprimento e a largura dos eixos. Os resultados morfológicos indicaram a presença de talos estéreis com ramificações dicotômicas, talos articulados com as estruturas de reprodução (esporângios) e esporângios isolados. Foram identificados para a associação: eixos férteis e esporângios isolados pertencentes a *Cooksonia paranensis* Gerrienne *et al.* 2001; esporângios isolados vinculados ao gênero *Cooksonia* Lang, 1937; dois grupos de esporângios isolados indeterminados e 4 grupos de eixos estéreis indeterminados.

Palavras-chave: Cooksoniales, Devoniano, Paraná, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

As primeiras plantas adaptadas ao habitat terrestre provavelmente apresentavam uma região de absorção fixa ao solo, uma camada impermeável sobre as partes aéreas e um sistema de transporte de água lignificado que também servia de suporte mecânico (TIFFNEY, 1985). Os registros de plantas com elementos bioquímicos semelhantes à lignina são datados para o Siluriano Inicial (TIFFNEY, 1985). Consideradas as primeiras plantas vasculares, as *Cooksonia* são encontradas em rochas do Siluriano Superior.

Dawson (1859; In: TAYLOR e TAYLOR, 1993) publicou um relatório sobre uma planta vascular Devoniana coletada em Gaspé, na região da Nova Escócia. A reconstrução mostrava um rizoma enrolado para cima, afilado, com eixos dicotomizados e esporângios. Dawson nomeou esta planta como *Psilophyton princeps*. Entretanto, na época, por parecer incomum e provavelmente por causa da idade, a descoberta foi ignorada. Nos anos seguintes, outros relatórios foram feitos sobre plantas com tecidos vasculares e gradualmente as descobertas iniciais destas plantas do Devoniano começaram a ser aceitas.

Em 1917, Robert Kidston e William Lang (TAYLOR e TAYLOR, 1993) descreveram algumas plantas vasculares coletadas próximas à cidade de Rhynie, Aberdeenshire, Escócia. A maioria dos fósseis mostrava que estas primitivas plantas vasculares consistiam de dicotomizações e, no geral, talos aéreos áfilos partindo de um sistema rizomatoso horizontal. A extremidade de alguns eixos apresentava um esporângio terminal.

No Brasil, fósseis das primeiras plantas vasculares foram registradas por PETRI (1948) no Devoniano do Estado do Paraná, topo do arenito Furnas, nos Municípios de Ponta Grossa e Tibagi.

QUADROS e MELO (1986) reportaram a ocorrência de impressões de restos vegetais como caulóides fragmentários com dicotomias e esporângios terminais em sedimentos fluviais no sudoeste de Goiás. Os autores sugeriram que os vegetais tratavam-se de *Psilophytales*, afim aos grupos *Rhynia* e *Hornea*.

RODRIGUES *et. al.* (1989) registraram a ocorrência de *Psilophytales* na borda da Bacia do Paraná, Formação Furnas, próxima a cidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná. Os vegetais encontrados em siltito estavam preservados como

impressões de eixos fragmentados, podendo apresentar dicotomias com largura dos eixos variando de 0,5 a 1,8mm, comprimento de até 2cm e esporângios terminais alongados a subesféricos e com até 2,5mm.

Fósseis vegetais Eodevonianos foram registrados por SCHUBERT e BORGHI (1991) na Formação Furnas que aflora no Município de Chapada dos Guimarães, Estado do Mato Grosso. Os autores reconheceram esporângios de contorno triangular e fusiforme além de eixos lisos dicotômicos, classificando-os como *Propteridophytas*.

MUSSA e BORGHI (1993) analisaram o gênero *Horneophyton* que ocorre como impressões em vários graus de maturação da planta, em diversas localidades da Formação Furnas no Estado do Paraná.

BOLZON *et al.* (1994) registraram pela primeira vez a presença do gênero *Cooksonia* Lang, 1937 para a Formação Furnas, Estado do Paraná.

Os primeiros fósseis da Formação Furnas foram identificados por MUSSA *et al.* (1996) em duas localidades, ambas no Município de Jaguariaíva (PR): em Jackson de Figueiredo e em PISA.

Segundo BORGHI (1997), as ocorrências das primeiras plantas vasculares no Estado do Paraná situam-se estratigraficamente no topo da Formação Furnas. Os fósseis vegetais encontrados representam plantas de pequeno porte e de simples organização com esporângios terminais.

GERRIENNE *et al.* (2001) descreveram para a localidade de Jackson Figueiredo (Jaguariaíva - PR), uma nova espécie de *Cooksonia* Lang, 1937 e identificaram dez outros táxons. Os autores não consideraram válidos os táxons descritos por MUSSA *et al.* (1996), por não atenderem as recomendações do Código Internacional de Nomenclatura Botânica.

Neste trabalho são apresentadas algumas considerações sobre as primeiras plantas vasculares. O material analisado incluiu 63 amostras de siltitos da Formação Furnas contendo fósseis vegetais com diferentes graus de integridade. Também são apresentadas considerações gerais do Devoniano do Paraná, em especial, da Formação Furnas. A descrição morfológica e anatômica dos fósseis vegetais possibilitou a primeira identificação sistemática da associação encontrada no afloramento de Carambeí.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os exemplares foram coletados em um afloramento da Formação Furnas (Grupo Paraná), na Rodovia Ponta Grossa - Castro (Figura 1 e 2), PR-151, km 123-124 (25°00'12''S; 50°08'13''W) Carambeí, Estado do Paraná. Os vegetais ocorrem em sedimentos pelíticos a micáceos em um intervalo de aproximadamente um metro de espessura.

As atividades de preparação e descrição foram realizadas no Laboratório de Paleobotânica do Departamento de Geologia. As amostras foram preparadas sob estereomicroscópio através da remoção mecânica da matriz com a utilização de talhadeiras, martelos, exploradores e agulhas de diferentes tamanhos. Posteriormente algumas amostras foram fotografadas com máquina fotográfica de 50 mm, com máquina digital e máquina fotográfica acoplada a lupa. As fotos em lupa foram realizadas no Laboratório de Microscopia Óptica do Departamento de Botânica da UFPR.

Todos os espécimes estudados apresentam-se como impressões carbonificadas. As amostras apresentaram três modos de ocorrência: fósseis concentrados formando um emaranhado de restos vegetais pouco identificáveis; muitos fragmentos fósseis dispersos em apenas uma camada e pequenos fragmentos de eixos e esporângios isolados. Os exemplares mostram bom estado de preservação permitindo a observação de características morfológicas importantes para a identificação.

Para a descrição morfológica e identificação taxonômica e sistemática foram analisados os seguintes itens: modo de fossilização; forma do esporângio; contato entre o esporângio e eixo; altura e diâmetro do esporângio; número de ramificações; forma das ramificações; comprimento dos eixos entre as ramificações; ornamentação, comprimento e largura dos eixos.

Todas estas características foram observadas em uma lupa com o auxílio de uma ocular graduada. Como o contato entre o esporângio e o eixo é gradual, fica difícil determinar a altura do esporângio visualmente. Para medir a altura foi obtido o diâmetro do eixo numa posição distante do esporângio (Figura 3, diâmetro menor). O ponto de início do esporângio foi considerado a partir da expansão do diâmetro do eixo (diâmetro menor) até a extremidade que resulta no maior diâmetro (Figura 3,

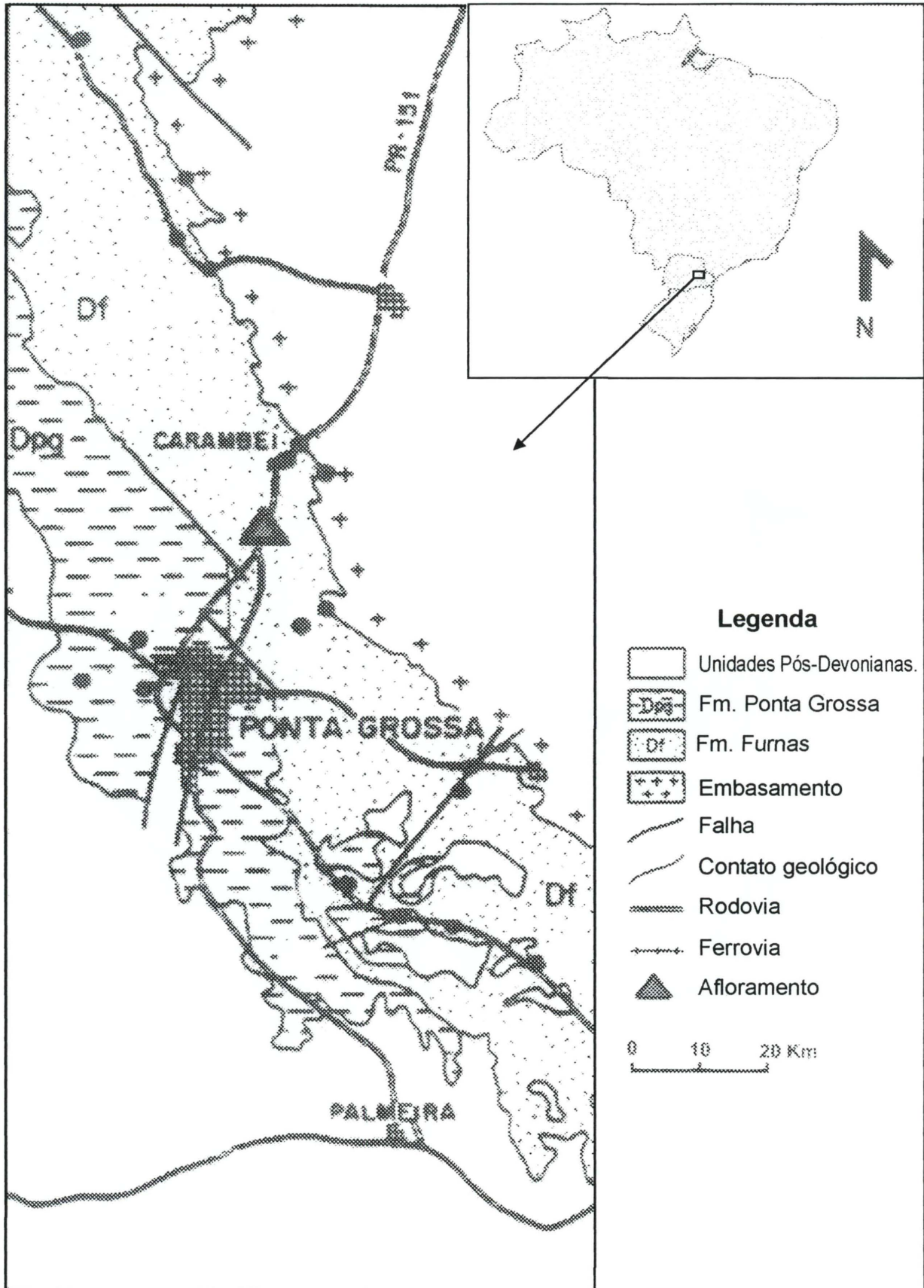


Figura 1 - Mapa de localização do afloramento estudado (modificado de ASSINE, 1996).

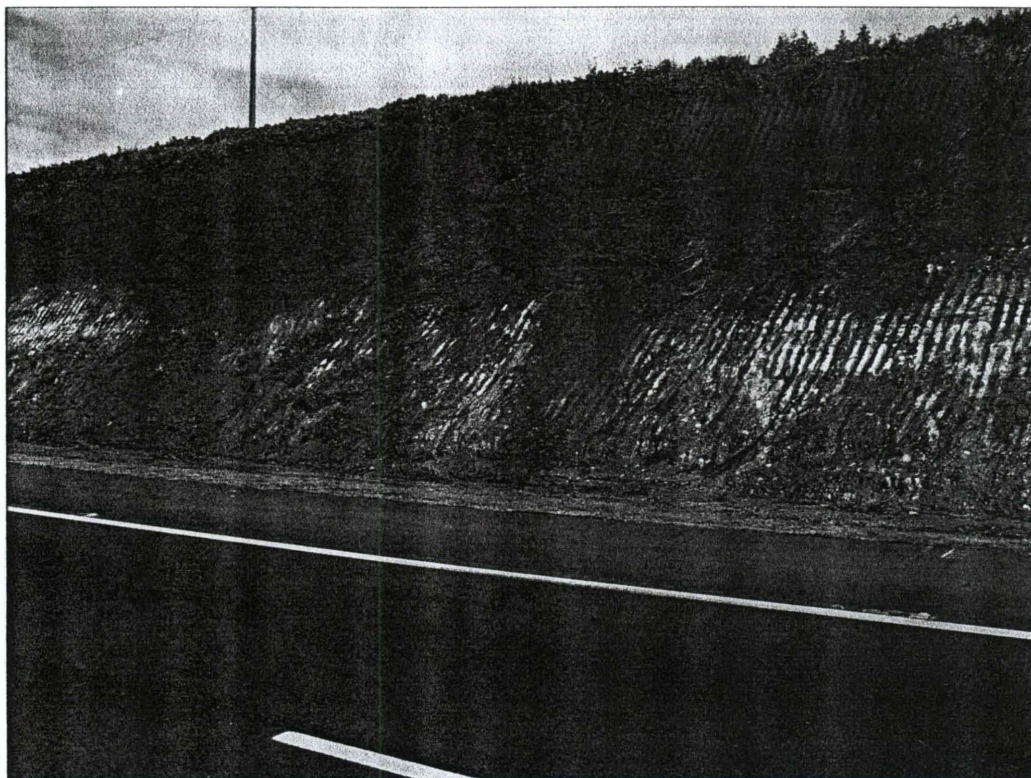


Figura 2 - Vista geral do afloramento.

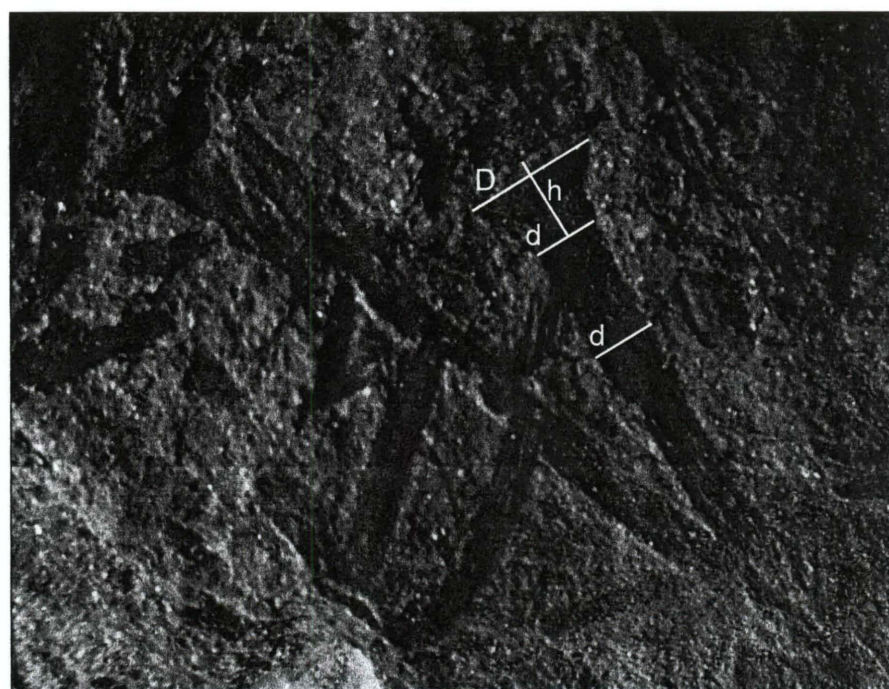


Figura 3 - Metodologia utilizada para determinar as dimensões do esporângio: o diâmetro maior (D), diâmetro menor (d) e altura (h)

diâmetro maior) que será igual à altura do esporângio (Figura 3, altura). As estrias longitudinais, quando presentes, auxiliam na confirmação dos eixos que ramificam do eixo principal.

As amostras analisadas encontram-se depositadas na Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da UFPR.

2.1 Considerações sobre a Formação Furnas

A Formação Furnas aflora na escarpa de São Luís do Purunã, no Segundo Planalto Paranaense e desaparece em meio a Formação Ponta Grossa (ASSINE, 1996). É composta por arenitos brancos a avermelhados de granulometria média a grossa. A espessura da formação varia de 200 a 300m e apresenta níveis com rochas conglomeráticas e pelíticas, com alta quantidade de mica sendo, na maioria das vezes, a variedade biotita. A Figura 4 apresenta um perfil estratigráfico do afloramento estudado. No Estado do Paraná, as ocorrências das primeiras plantas vasculares situam-se estratigraficamente no topo da Formação Furnas (BORGHI, 1997). A Figura 5 representa a cronoestratigrafia e a litoestratigrafia do Devoniano do Estado do Paraná. Em Jaguariaíva, no ramal ferroviário de acesso à Indústria PISA, uma associação de vegetais e palinomorfos ocorrem em arenitos muito finos e siltitos, na parte superior da Formação Furnas. Esta associação de palinomorfos possibilitou datar o intervalo como Praguiano (Eodevoniano) - aproximadamente 405 milhões de anos (DINO e RODRIGUES, 1995; DINO, 1999). MUSSA *et al.* (1996) encontraram para as duas localidades estudadas na Formação Furnas, três assembléias genéticas de fácies associadas a ambientes flúvio-deltáicos, lagunares e marinho-raso. Cabe ressaltar que no início do Devoniano, o Paraná encontrava-se em latitude entre 75° a 80°S (Figura 6).

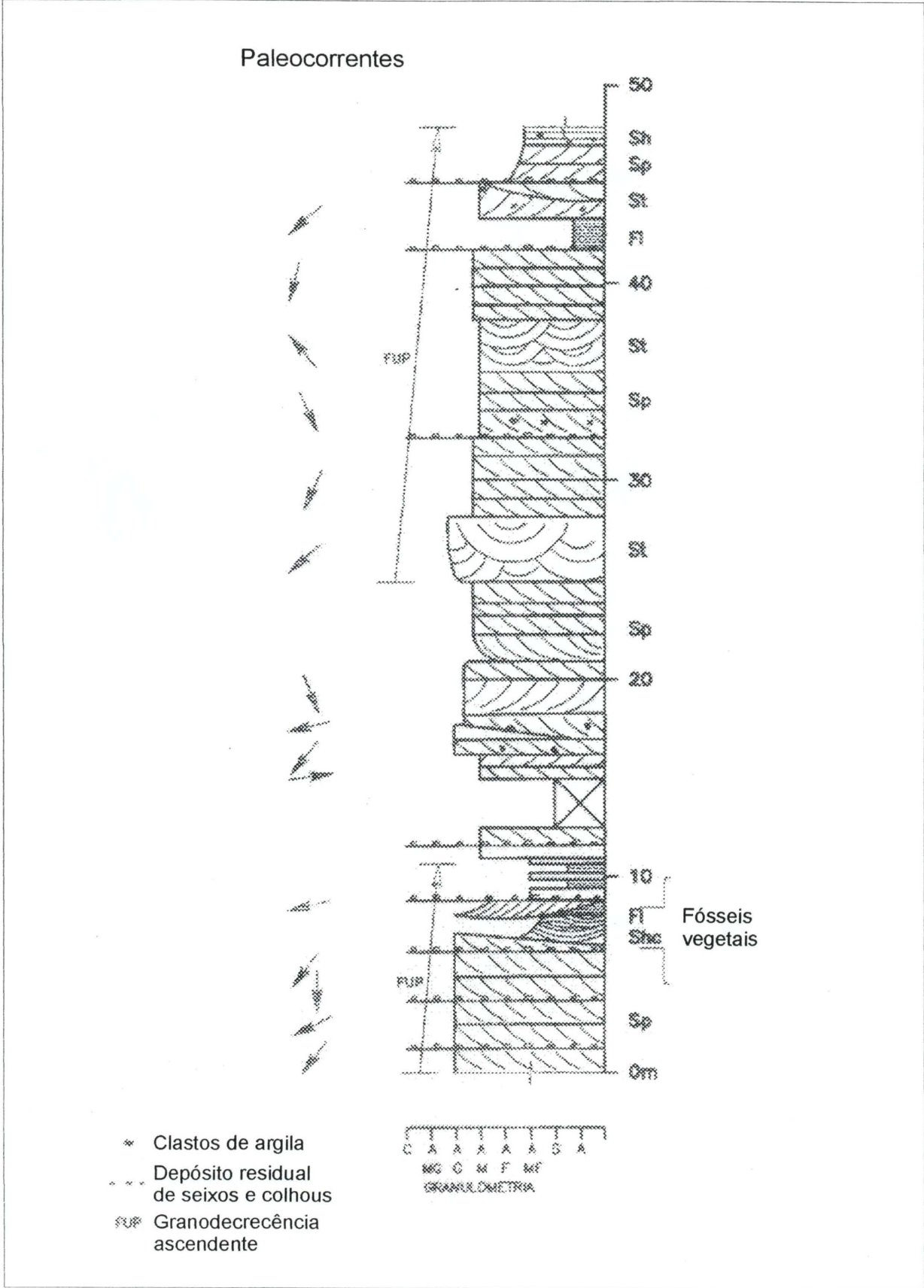


Figura 4 - Perfil litoestratigráfico do afloramento (modificado de ASSINE, 1996).

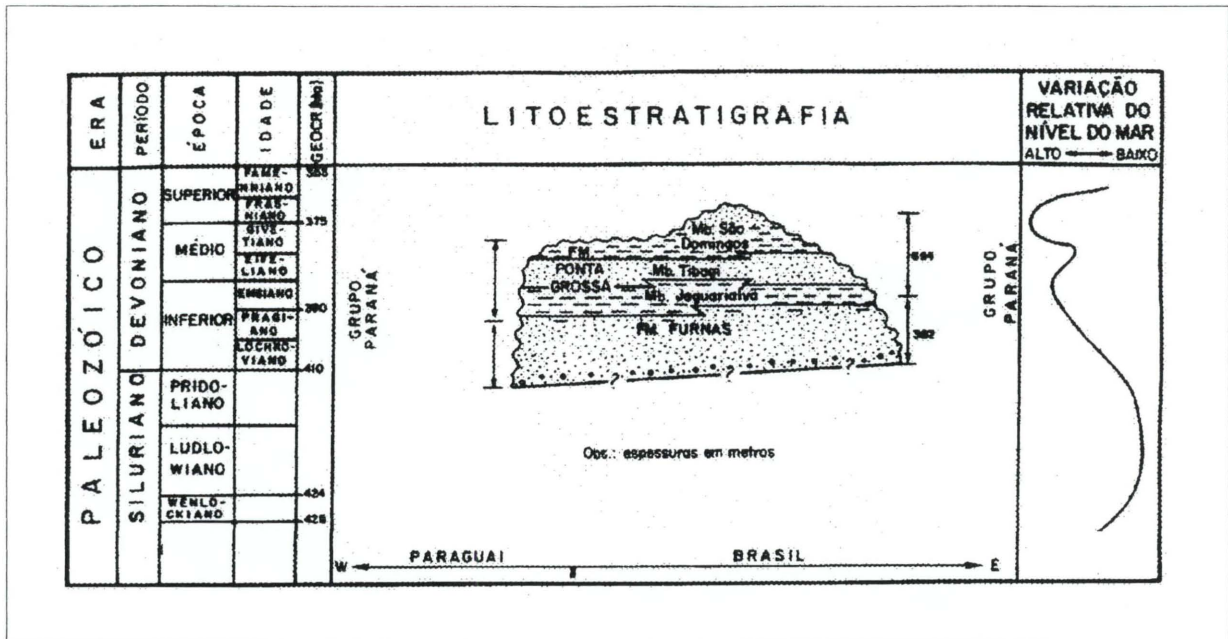


Figura 5 - Cronoestratigrafia e Litoestratigrafia do Grupo Paraná (modificado de ASSINE, 1996).

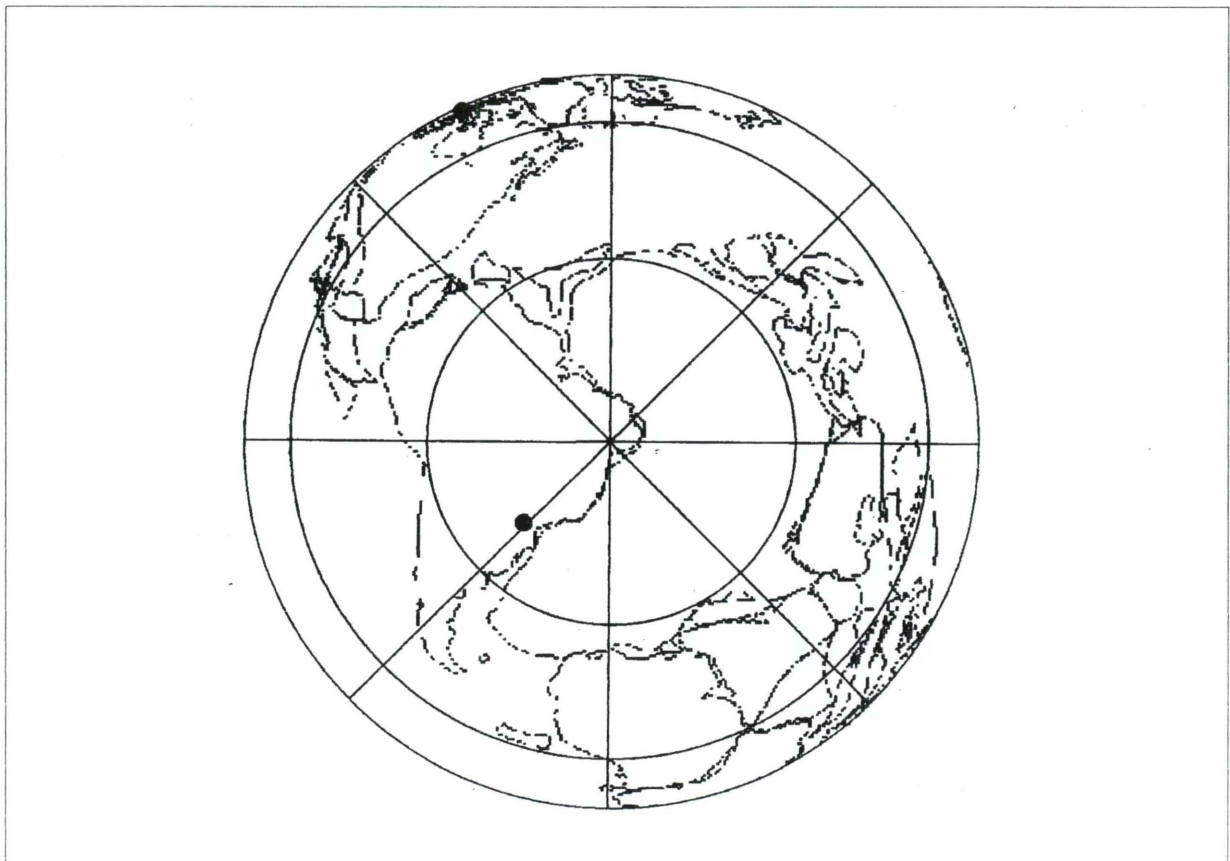


Figura 6 - Provável paleolatidade do Paraná no Eodevoniano - vista polar (modificado de EDWARDS *et al.*, 2001).

3. SISTEMÁTICA

3.1 Considerações sistemáticas

Vários autores revisaram a classificação sistemática das primeiras plantas vasculares e novas divisões foram propostas. BANKS (1992) propôs o abandono da Ordem Psilophytales e sugeriu o estabelecimento de três subdivisões: Rhyniophytina, Zosterophyllophytina e Trimerophytina. TAYLOR e TAYLOR (1993) elevaram estas subdivisões para a categoria de divisão. Além destas, MUSSA (2000) propôs a Divisão Horneophytophyta.

A Divisão Zosterophyllophyta do Devoniano apresenta eixos variando de dicotômicos a pseudomonopodiais. O protostelo é bem estruturado com definição do protoxilema (exarco), do metaxilema e do floema. Os esporângios estão dispostos lateralmente e ao longo do caule, ligados por pedúnculos curtos ou formando grupos terminais nos ramos. A forma dos esporângios varia de globosa a reniforme. A deiscência é distal e origina duas valvas. São plantas homosporadas (Figura 7A).

A Divisão Trimerophytophyta (Devoniano Inicial ao Carbonífero Inicial) constitui um grupo evolutivamente mais complexo que Zosterophyllophyta e Rhyniophyta (TAYLOR e TAYLOR, 1993). Os eixos são pseudomonopodiais a monopodiais. Os eixos laterais apresentam uma variedade de padrões (arranjo helicoidal; alterno; em duas ortósticas; em três ramos; ou em quatro ortósticas). Os esporângios podem ser em pequeno número e terminais; em grupos; elíticos; ou em grupos maciços nas extremidades dos ramos (Figura 7B, 7C).

A Divisão Horneophytophyta (Devoniano Inicial), segundo MUSSA (2000), apresenta caules estruturados por uma região cormofítica e outra aérea, representada por eixos simples ou dicotômicos. O sistema vascular possui um feixe de "traqueídeos" nas partes eretas, passando gradativamente ao estereoma na parte cormofítica. Os esporângios possuem estômatos. Os eixos apresentam até três dicotomias sucessivas. Os esporos possuem uma marca trilete, com ornamentação irregular (Figura 7D).

As Rhyniophyta são as mais simples de todas as plantas vasculares conhecidas encontradas do Siluriano Inicial ao Devoniano Inicial (MUSSA, 2000). Segundo TAYLOR e TAYLOR (1993), consistem de ramificações dicotômicas e talos

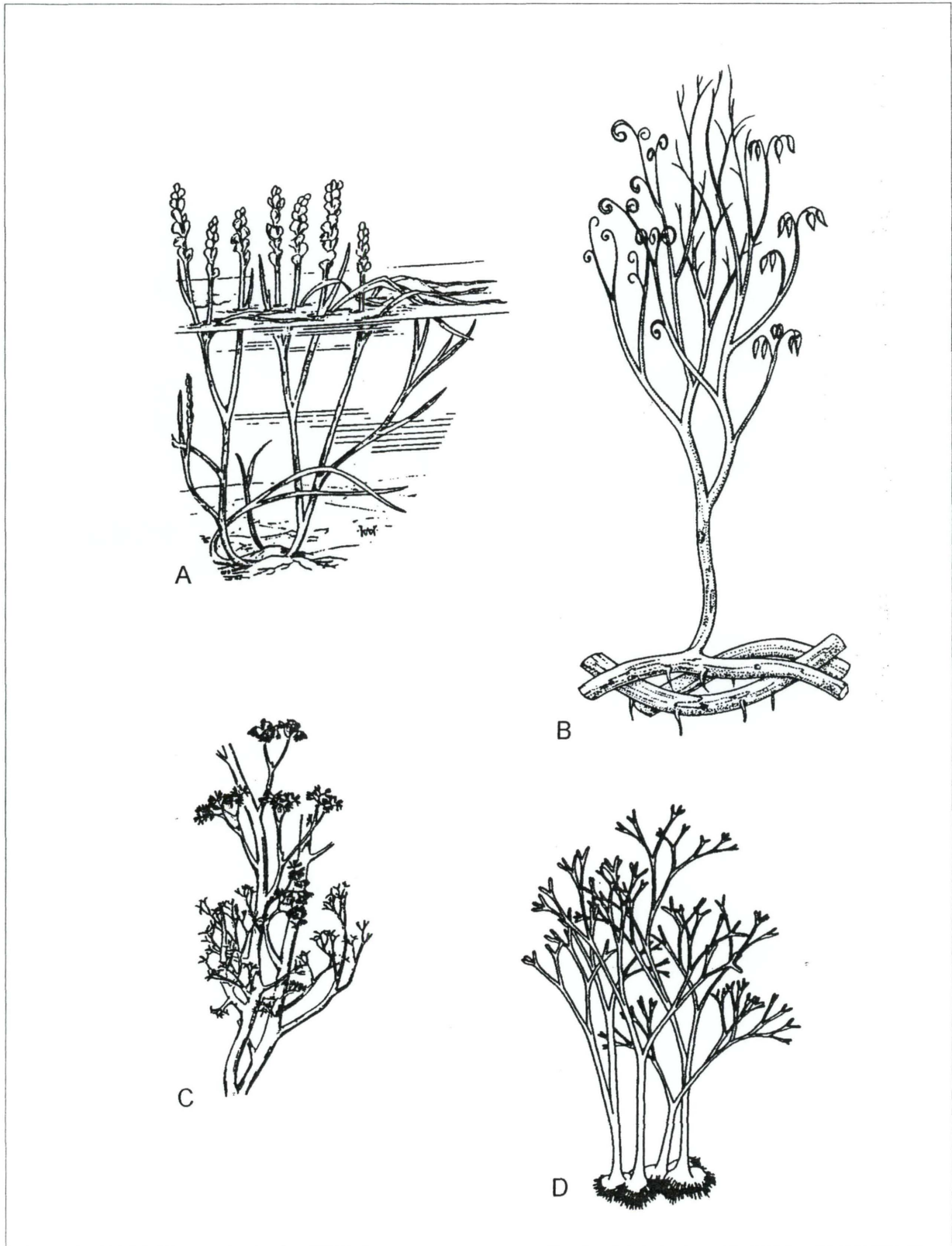


Figura 7 - Reconstituições de algumas plantas vasculares primitivas. A) Zosterophyllophyta - *Zosterophyllum rhenanum* Kräusel e Weyland, 1935; B) Trimerophytophyta - *Psilophyton princeps* Dawson, 1888; C) Trimerophytophyta - *Psilophyton dawsonii* Bank, Leclercq e Hueber, 1975; D) Horneophytophyta - *Horneophyton lignieri* (Kidston e Lang, 1920 [1920a]) Barghoorn e Darrah, 1938. Figura B, modificada de TAYLOR e TAYLOR (1993); Figuras: A, C e D, modificadas de SPECK e VOGELLEHNER (1994).

aéreos áfilos com esporângio terminal. A forma do esporângio varia de elipsóide para ramificado. Apresenta um protostelo formado de protoxilema, metaxilema e floema. São plantas homosporadas (Figura 8).

MUSSA (2000) propôs duas Ordens para a Divisão Rhyniophyta: Rhyniales e Cooksoniales. As Rhyniales são encontradas no Devoniano Inicial e apresentam ramificação monopodial a pseudomonopodial, protostelo lignificado primitivo e esporângios com deiscência (Figura 8A). Distribuindo-se do Siluriano Inicial ao Devoniano Inicial, a Ordem Cooksoniales apresenta formas simples com eixos lisos de ramificação dicotômica e esporângios terminais sem deiscência (Figura 8B).

O gênero de *Cooksonia* Lang, 1937 historicamente inclui as mais antigas plantas vasculares (BANKS, 1992). Segundo HANS (2004), espécimes têm sido descritos para várias localidades no mundo como Argentina, Austrália, Bohemia, Bolívia, Brasil, Canadá, Tchecoslováquia, China, Escócia, Estados Unidos, Inglaterra, Cazaquistão, Líbia, Sibéria entre outros. Alguns autores citam espécimes de *Cooksonia* encontrados no Ludloviano de Wales. Porém outros autores sugerem que o táxon é encontrado somente a partir do Devoniano Inicial (Emsiano). TAYLOR e TAYLOR (1993) comentaram que esporângios de *Cooksonia* têm sido descritos em rochas do Wenlockiano. HANS (2004) apresentou uma comparação das reconstituições dos esporângios terminais de cinco espécies descritas para o gênero *Cooksonia* Lang, 1937 (Figura 8c).

4.2 Identificação do Material

REINO PLANTAE
SUB-REINO VASCULARIOPHYTA
DIVISÃO RHYNIOPHYTA*
GÊNERO *Cooksonia* LANG, 1937
Cooksonia paranensis GERRIENNE *et al.*, 2001
(Estampa 1, Figura 1)

Diagnose: Erect plant with naked isotomously branching axes, 0,3-1,1mm wide, at least 31mm high; branching angle ranging from 30⁰ to 70⁰; each ultimate axis terminated in a sporangium, plate-shaped or bowl-shaped at its top, 0,9-3,3mm in

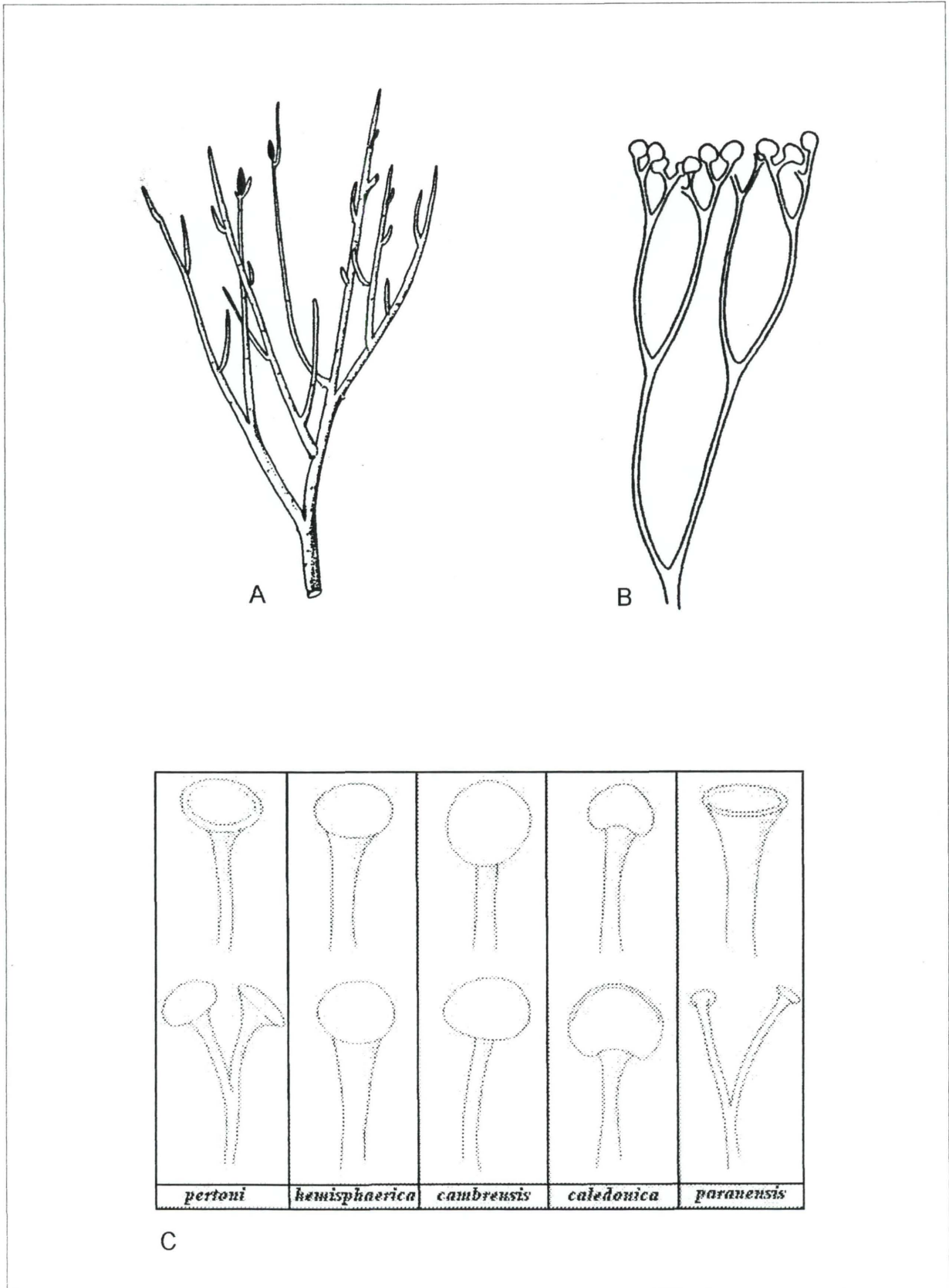


Figura 8 - Rhyniophyta A) Rhyniales - *Rhynia gwynne-vaughanii* Kidston e Lang, 1917, p. P. 1920 [1920a]. B) Cooksoniales - *Cooksonia caledonica* Edwards, 1970. C) Morfologia dos esporângios de diferentes espécies de *Cooksonia* (HANS, 2004). Figuras A e B, modificadas de SPECK e VOGELLEHNER (1994).

diameter and approximately 1,0-3,0mm in high; ultimate axis widening often considerably beneath the sporangium; axis/sporangium transition gradual; sporangium more or less completely sunken within the axis and not projecting beyond it. Spores and anatomy, unknown.

Material:

Eixos férteis, amostras: Pb204, Pb244, Pb217, Pb218, Pb248, Pb316, Pb319, Pb323, Pb353.

Esporângios isolados, amostras: Pb200, Pb201, Pb203, Pb204, Pb209, Pb213, Pb214, Pb219, Pb225, Pb241, Pb243, Pb245, Pb279, Pb280, Pb282, Pb283, Pb284, Pb287, Pb292, Pb299, Pb305, Pb306, Pb311, Pb316, Pb318, Pb319, Pb321, Pb323, Pb324, Pb325, Pb350.

Localidade: Rodovia Ponta Grossa - Castro, PR-151 km 123-124 (25°00'12''S; 50°08'13''W), Carambeí, Paraná, Brasil.

Estrato: Formação Furnas, idade Eodevoniano (Praguiano).

Repositório: Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Descrição: Eixos dicotômicos com ramificações isotômicas de primeira à quarta ordem, com estrias longitudinais, sem ornamentações laterais, preservados como impressões carbonificadas. Observa-se uma redução do diâmetro dos eixos à medida que novas ramificações surgem em direção aos esporângios. Os eixos de quarta ordem apresentam comprimento entre 4,0 e 17,5mm. O comprimento dos eixos no mesmo espécime varia poucos milímetros da primeira para a quarta ordem. O diâmetro dos eixos varia entre 0,35 e 1,25mm. Na transição entre o eixo e o esporângio, o diâmetro dos eixos aumenta até alcançar o maior diâmetro do esporângio. Esporângios terminais, afunilados, sem ornamentações ou marcas de deiscência, apresentam contato contínuo entre esporângio e o eixo. Esporângios mais altos que largos, com altura variando de 1,5 a 5,0mm e diâmetro de 1,25 a

2,75mm. Os exemplares Pb204 e Pb244 estão melhores preservados apresentando maior integridade de seus eixos e esporângios.

Discussão: Os eixos férteis e os esporângios isolados (Figuras 9A, 9B) analisados foram comparados com as espécies: *Cooksonia paranensis* GERRIENNE *et. al.*, 2001, *Cooksonia hemisphaerica* Lang, 1937, *Cooksonia pertoni* Lang, 1937, *Cooksonia caledonica* Edwards, 1970 e *Cooksonia cambrensis* Edwards, 1979. Os comprimentos dos eixos de primeira à quarta ordem são semelhantes ao padrão descrito para a espécie *C. paranensis*. Em *C. hemisphaerica*, os esporângios são arredondados, enquanto em *C. pertoni* são mais largos e compridos. *C. caledonica* apresenta a forma do esporângio altamente variável. *C. cambrensis* possui esporângios terminais globosos com transição abrupta entre o esporângio e o eixo. Poucas são as diferenças entre *C. pertoni* e *C. paranensis*. Em *C. paranensis*, a transição entre o esporângio e o eixo é mais gradual. Os exemplares aqui descritos enquadram-se na diagnose da espécie *Cooksonia paranensis*.

GÊNERO *Cooksonia* LANG, 1937.

(Estampa 1, Figura 2)

Material:

Esporângios isolados, amostras: Pb203, Pb204, Pb212, Pb213, Pb244, Pb245, Pb246, Pb297, Pb321, Pb352.

Localidade: Rodovia Ponta Grossa - Castro, PR-151 km 123-124 (25°00'12"S; 50°08'13"W), Carambeí, Paraná, Brasil.

Estrato: Formação Furnas, idade Eodevoniano (Praguiano).

Repositório: Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

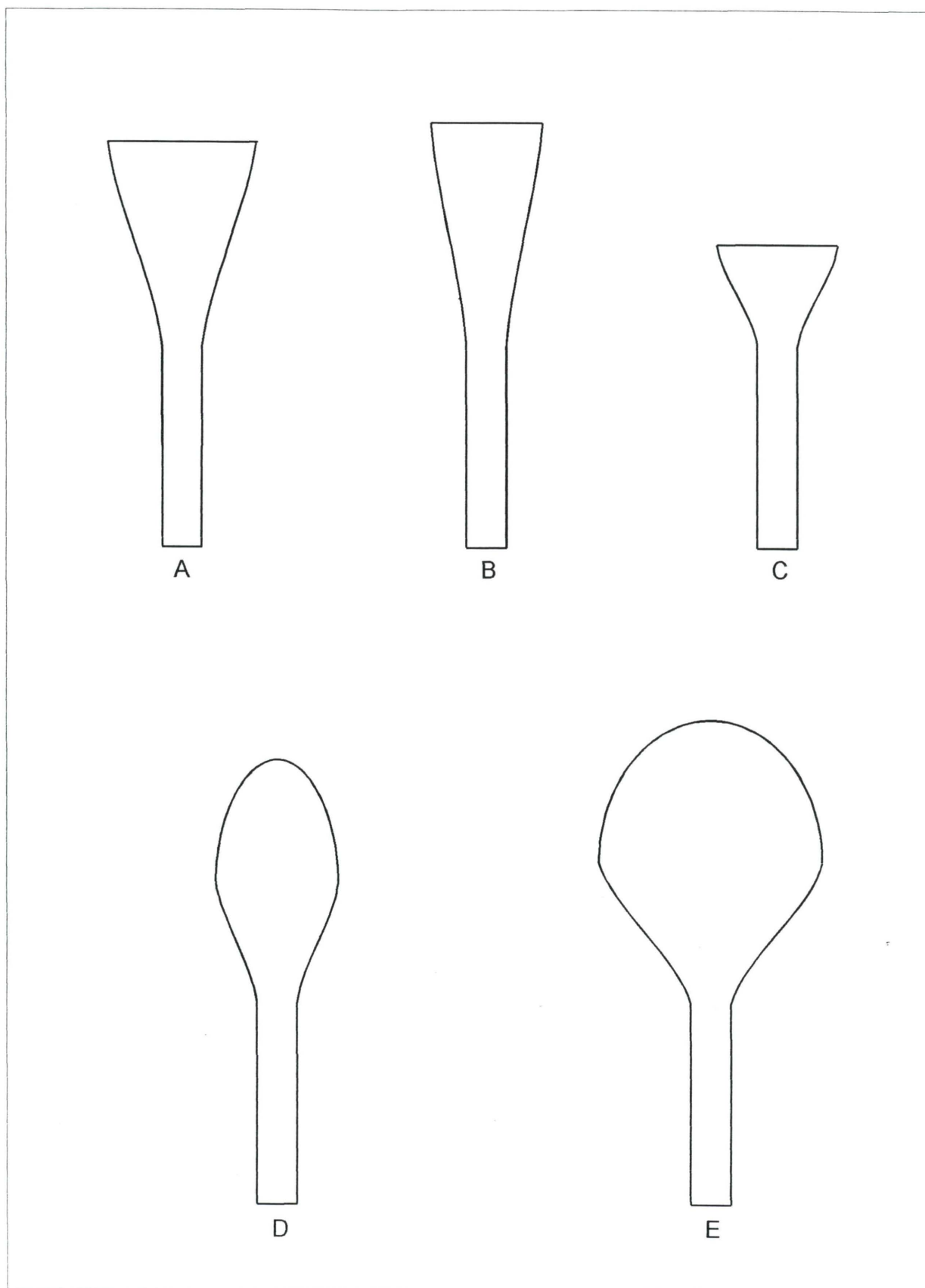


Figura 9 - Morfologia dos esporângios isolados. A, B) *Cooksonia paranensis* Guerrienne, 2001; C) *Cooksonia* Lang, 1937; D) Indeterminado 1; E) Indeterminado 2.

Descrição: Esporângios isolados, afunilados, sem ornamentação ou marcas de deiscência, com o diâmetro maior que a altura. O diâmetro varia de 1,85 a 3,0mm nos espécimes analisados e a altura de 0,75 a 2,5mm.

Discussão: Os esporângios isolados (Figura 9C) foram comparados aos gêneros: *Cooksonia* Lang, 1937; *Steganotheca* Edwards, 1970; *Salopella* Edwards e Richardson, 1974 e *Tarrantia* Fanning, Edwards e Richardson, 1992. Os esporângios analisados se assemelham ao gênero *Steganotheca* pela forma afunilada e diferem pelo truncamento no ápice e presença de estrias ao longo de todo o corpo do esporângio. O gênero *Salopella* difere do material analisado por apresentar esporângios arredondados. O material analisado não apresenta forma elíptica a oval característica de *Tarrantia*. Nos esporângios analisados a altura equivale ao diâmetro, característica presente na diagnose do gênero *Cooksonia*.

ESPORÂNGIOS INDETERMINADOS

Indeterminado 1

(Estampa 1, Figura 3)

Material:

Esporângios isolados, amostras: Pb213, Pb284, Pb223, Pb317.

Localidade: Rodovia Ponta Grossa - Castro, PR-151 km 123-124 (25°00'12"S; 50°08'13"W), Carambeí, Paraná, Brasil.

Estrato: Formação Furnas, idade Eodevoniano (Praguiano).

Repositório: Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Descrição: Esporângios isolados, fusiformes, sem ornamentação ou marcas de deiscência, sendo a altura o dobro do diâmetro. O diâmetro varia de 1,75 a 3,4mm e a altura de 3,5 a 6,0mm.

Discussão: O material analisado (Figura 9D) apresenta semelhanças aos esporângios encontrados nos gêneros: *Cooksonia* Lang, 1937; *Tarrantia* Fanning, Edwards e Richardson, 1992; *Sporogonites* Halle, 1916 e *Salopella* Edwards e Richardson, 1974. Difere de *Cooksonia*, pois este apresenta esporângios com altura equivalente ao diâmetro. *Tarrantia* difere, pois a relação altura diâmetro varia entre 1.4 e 1.7 e o tamanho médio dos esporângios é bem menor. As dimensões dos esporângios estudados são similares aos do gênero *Sporogonites*, mas diferem por não apresentar uma região com estrias longitudinais nem numerosas emergências triangulares diminutas cobrindo o esporângio. O material apresenta semelhanças com o gênero *Salopella*, com base nas dimensões e na relação entre a altura e o diâmetro. Porém optou-se em manter o material como indeterminado, pois somente os esporângios isolados não permitem a identificação.

Indeterminado 2

(Estampa 1, Figura 4)

Material:

Esporângios isolados, amostras: Pb198, Pb199, Pb213, Pb295, Pb352, Pb296, Pb298.

Localidade: Rodovia Ponta Grossa - Castro, PR-151 km 123-124 (25°00'12"S; 50°08'13"W), Carambeí, Paraná, Brasil.

Estrato: Formação Furnas, idade Eodevoniano (Praguiano).

Repositório: Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Descrição: Esporângios isolados, arredondados, sem ornamentação ou marcas de deiscência, com altura pouco maior que o diâmetro. A relação entre a altura e o diâmetro é de 1.2 - 1.5. O diâmetro varia de 1,5 a 5,5mm e a altura de 2,25 a 7,0mm.

Discussão: Os esporângios analisados (Figura 9E) podem ser comparados com grupos relacionados à Ordem Cooksoniales e a *Sporogonites* sp.A Gerrienne *et al.* 2001 (Divisão Bryophyta?). A relação entre a altura e o diâmetro, aproxima os esporângios de Cooksoniales, mas difere desta, pois as dimensões dos esporângios são maiores. A morfologia dos esporângios é semelhante a *Sporogonites* sp. A, mas difere por não apresentar ornamentações. Optou-se em manter como indeterminado, pois somente os esporângios isolados não permitem a identificação.

EIXOS ESTÉREIS INDETERMINADOS

Indeterminado 1

(Estampa 2 – Figura 1)

Material:

Eixos estéreis, amostras: Pb202, Pb217, Pb222, Pb245, Pb279, Pb304, Pb330, Pb332.

Localidade: Rodovia Ponta Grossa - Castro, PR-151 km 123-124 (25°00'12"S; 50°08'13"W), Carambeí, Paraná, Brasil.

Estrato: Formação Furnas, idade Eodevoniano (Praguiano).

Repositório: Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Descrição: Eixos estéreis nus, com estrias longitudinais, ausência de ornamentações laterais, com dicotomias isotômicas de primeira à quarta ordem. O diâmetro e o comprimento dos eixos reduzem da primeira para a quarta ordem. Os diâmetros dos eixos variam de 0,6 a 2,5mm (Figura 10A).

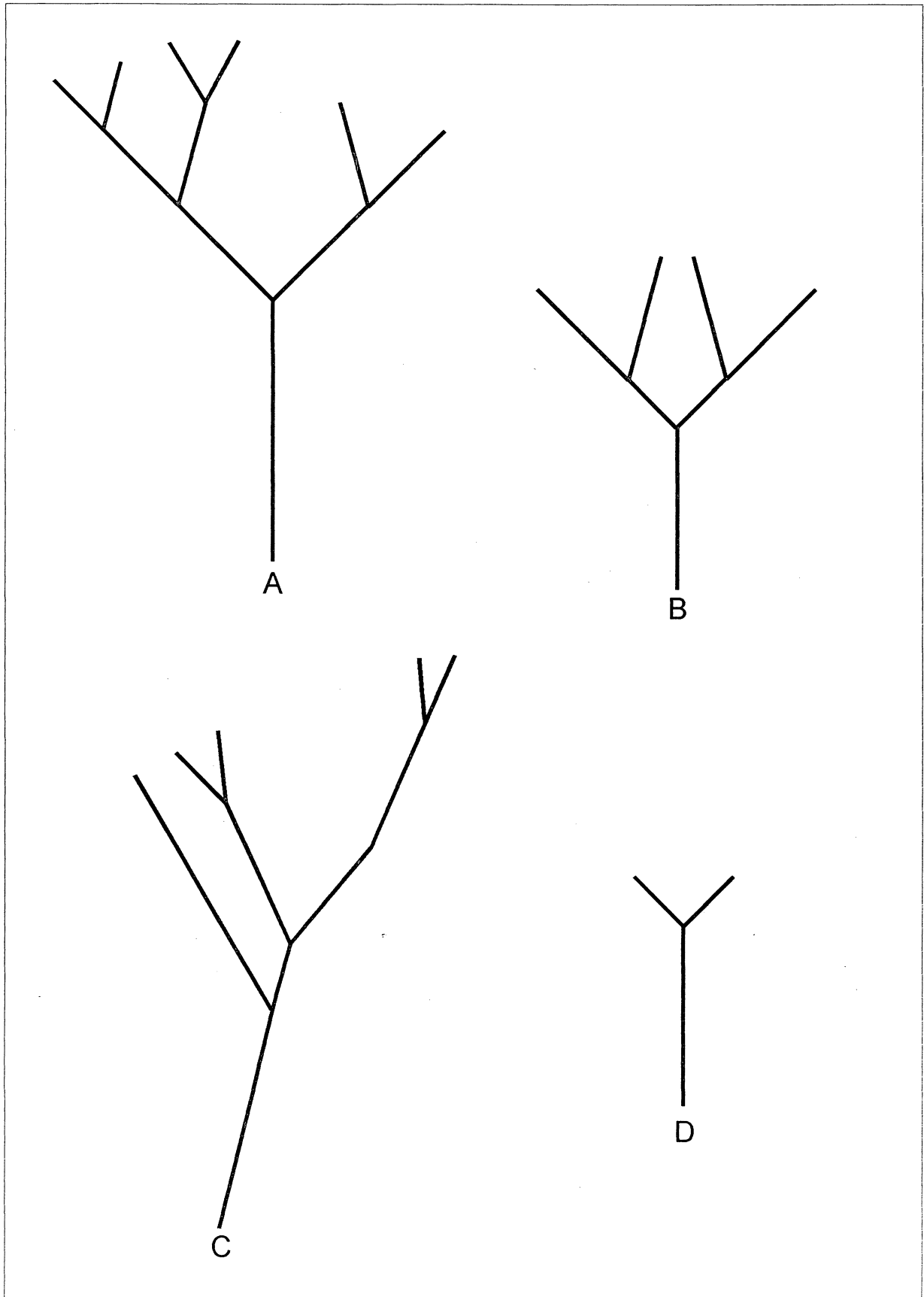


Figura 10 - Morfologia dos eixos estéreis A) Indeterminado 1; B) Indeterminado 2; C) Indeterminado 3; D) Indeterminado 4.

Indeterminado 2
(Estampa 2 – Figura 2)

Material:

Eixos estéreis, amostras: Pb245, Pb350.

Localidade: Rodovia Ponta Grossa - Castro, PR-151 km 123-124 (25°00'12"S; 50°08'13"W), Carambeí, Paraná, Brasil.

Estrato: Formação Furnas, idade Eodevoniano (Praguiano).

Repositório: Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Descrição: Eixos estéreis nus, com estrias longitudinais, ausência de ornamentações laterais, com dicotomias isotômicas de primeira a terceira ordem. O diâmetro dos eixos reduz da primeira para a terceira ordem. O comprimento do eixo de segunda ordem é geralmente menor que o da primeira e da terceira ordem (Figura 10B).

Indeterminado 3
(Estampa 2 – Figura 3)

Material:

Eixos estéreis, amostras: Pb198, Pb280, Pb287, Pb322, Pb332.

Localidade: Rodovia Ponta Grossa - Castro, PR-151 km 123-124 (25° 00' 12" S; 50° 08' 13"W), Carambeí, Paraná, Brasil.

Estrato: Formação Furnas, idade Eodevoniano (Praguiano).

Repositório: Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Descrição: Eixos estéreis nus, com estrias longitudinais, ausência de ornamentações laterais, pseudomonopodial com ramificações de primeira a quinta ordem. O comprimento dos eixos variável em cada ordem. O diâmetro reduz da primeira para a quinta ordem. Os diâmetros dos eixos variam de 0,25 a 0,5mm (Figura 10C).

Indeterminado 4
(Estampa 2 – Figura 4)

Material:

Eixos estéreis, amostras: Pb201, Pb203, Pb204, Pb205, Pb207, Pb213, Pb214, Pb218, Pb220, Pb223, Pb224, Pb225, Pb244, Pb246, Pb281, Pb282, Pb295, Pb297, Pb299, Pb306, Pb316, Pb318, Pb320, Pb324, Pb325, Pb326, Pb327, Pb331, Pb333.

Localidade: Rodovia Ponta Grossa - Castro, PR-151 km 123-124 (25° 00' 12" S; 50° 08' 13"W), Carambeí, Paraná, Brasil.

Estrato: Formação Furnas, idade Eodevoniano (Praguiano).

Repositório: Coleção de Paleobotânica do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Descrição: Eixos estéreis nus, com estrias longitudinais, ausência de ornamentações laterais, com dicotomias isotômicas de primeira a segunda ordem. O diâmetro reduz da primeira para a segunda ordem. Os diâmetros variam de 0,4 a 2,15mm (Figura 10D).

Discussão: Optou-se por discutir os eixos estéreis em conjunto. Os Indeterminados 1 e 2 diferem do Indeterminado 3 por apresentarem ramificação dicotômica. Os eixos Indeterminado 1 diferem do Indeterminado 2 por apresentarem ramificação de até quarta ordem e os comprimentos reduzirem da primeira para a quarta ordem. Os eixos Indeterminado 4 diferem dos demais por apresentarem apenas eixos de primeira e segunda ordem, podendo pertencer aos Indeterminados 1, 2 ou 3. Eixos estéreis são atribuídos ao gênero *Hostinella* Stur, 1882. EDWARDS *et al.* (2001)

comentaram que eixos isotômicos nus das primeiras plantas vasculares, preservados em rochas do Siluriano e Eodevoniano, são denominados por convenção *Hostinella*, podendo pertencer a plantas não vasculares ou traqueófitas como *Cooksonia*. O eixo estéril Indeterminado 3, por apresentar ramificação pseudomonopodial, poderia estar relacionado à Ordem Rhyniales.

5. CONCLUSÕES

Os restos vegetais estudados apesar de muito fragmentados e preservados como finas impressões carbonificadas, permitem a identificação sistemática e taxonômica quando os esporângios encontram-se articulados com os eixos.

Na associação, a morfologia dos esporângios é variada e quando encontrados isolados, nem sempre é possível a sua identificação, sendo importante a forma e a relação entre a altura e o diâmetro.

Para distinguir os eixos férteis em grupos foram utilizadas as relações entre os comprimentos dos eixos e as formas dos esporângios.

Os eixos estéreis podem ser agrupados através do padrão de ramificação e da relação entre o diâmetro e o comprimento dos eixos.

As estrias longitudinais dos eixos, quando presentes, auxiliam na determinação dos novos eixos da ramificação.

A identificação permitiu o reconhecimento dos seguintes táxons:

- eixos férteis e esporângios isolados pertencentes a *Cooksonia paranensis* Gerrienne *et al.* 2001;
- esporângios isolados ao gênero *Cooksonia* Lang, 1937;
- esporângios isolados indeterminados;
- eixos estéreis indeterminados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSINE, M.L. 1996. **Aspectos da Estratigrafia das Seqüências Pré-Carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 207p.
- BANKS, H. P. 1992. The Classification of Early Land Plants – Revisited. **Paleobotanist**, **41**: 36-50.
- BOLZON, R. T.; ASSINE, M. L. e GUERRA-SOMMER, M. 1994. Ocorrência de *Cooksonia* Lang, 1937 na Formação Furnas, Estado do Paraná. In: Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos. São Paulo. **Boletim de Resumos**, p.11.
- BORGHI, L. 1997. O limite das formações Furnas e Ponta Grossa (Praguiano, Devoniano) como um evento tafonômico. In: Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, 3. Barra do Garças, **Boletim de Resumos**, p.11.
- DINO, R. e RODRIGUES, M. A. 1995. Palinomorfos Eodevonianos da Formação Furnas – Bacia do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **67**: 107-116.
- DINO, R. 1999. Palynostratigraphy of the Silurian and Devonian Sequence of the Paraná Basin, Brazil. In: RODRIGUES, M.A.C. e PEREIRA, E. (eds.) **Ordovician-Devonian Palynostratigraphy in Western Gondwana: Update, Problems and Perspectives**. Rio de Janeiro: UERJ, p.27-62.
- EDWARDS, D. 1970. Fertile Rhyniophytina from the Lower Devonian of Britain. **Palaeontology**, **13**: 451-461.
- EDWARDS, D. 1979. A Late Silurian Flora from the Lower Old Red Sandstone of South-West Dyfed. **Palaeontology**, **22**: 23-52.

- EDWARDS, D.; MOREL, E. M.; PAREDES, F.; GANUZA, D. G. e ZÚÑIGA, A. 2001. Plant Assemblages from the Silurian of Southern Bolivia and their Palaeogeographic Significance. **Botanical Journal of the Linnean Society**, **135**: 229-250.
- EDWARDS, D. e RICHARDSON, J. B., 1974. Lower Devonian (Dittonian) Plants from the Welsh Borderland. **Palaeontology**, **17**: 311-324.
- FANNING, U., EDWARDS, D. e RICHARDSON, J.B. 1992. A Diverse Assemblage of Early Land Plants from the Lower Devonian of the Welsh Borderland. **Botanical Journal of the Linnean Society**, **109**: 161-188.
- GERRIENNE, P.; BERGAMASCHI, S.; PEREIRA, E.; RODRIGUES, M. C. e STEEMANS, P. 2001. An Early Devonian flora, including *Cooksonia*, from the Paraná Basin (Brazil). **Review of Paleobotany & Palynology**, **116**: 19-38.
- HALLE, T. G. 1916. Lower Devonian Plants from Røragen, in Norway. **Kungl. Svenska Vetenskapakademiens Handlingar**, **57**: 1-46.
- HANS, S. 2004. Hans` Paleobotany Pages. <http://www.xs4all.nl/~steurh/engcook/ecooks.html>. Acessado em 02/2004.
- LANG, W. H. 1937. On the Plant Remains from the Downtonian of England and Wales. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, **B 227**: 245-291.
- MUSSA, D. e BORGHI, L. 1993. A Presença do Gênero *Horneophyton* Barghoorn & Darrah na Formação Furnas, Bacia do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **65** (2): 214-215.

- MUSSA, D.; BORGHI, L.; BERGAMASCHI, S.; SCHUBERT, G.; PEREIRA, E. e RODRIGUES, M.A.C. 1996. Estudo Preliminar da Taoflora da Formação Furnas, Bacia do Paraná Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **68**: 65-89.
- MUSSA, D. 2000. Paleobotânica. In: CARVALHO, I. S. **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Interciência, p.228-326.
- PETRI, S. 1948. Contribuição ao Estudo do Devoniano Paranaense. DNPM, **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, v.129, 125p
- QUADROS, L. P. e MELO, J. H. G. 1986. Ocorrência de Restos Vegetais em Sedimentos Continentais do Paleozóico Médio do Estado de Goiás. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **58** (4): 611.
- RODRIGUES, M. A. C.; PEREIRA, E. e BERGAMASCHI, S. 1989. Ocorrência de *Psilophytales* na Formação Furnas, Borda Leste da Bacia do Paraná. **Bol. Instituto de Geociências - USP, Publ. Esp.**, 7:35-43.
- SCHUBERT, G. e BORGHI, L. 1991. Sobre a Ocorrência Inédita de uma Taoflora Devoniana na Região de Chapada dos Guimarães (Bacia do Paraná - MT). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **63** (1): 95-96.
- SPECK, T e VOGELLEHNER, D. 1994. Devonische Landpflanzen Mit Und Ohne Hypodermales Sterom – Eine Biomechanische Analyse Mit Überlegungen Zur Frühevolution Des Leit-Und Festigungssystems. **Palaeontographica Abt. B** **233**: 157-277.
- STUR, D. 1882. Die Silur-Flora der Etage H-h1 in Böhmen. **Sitzber. Kais, Akad. Wiss.** **84**: 1-62.

TAYLOR, T. N. e TAYLOR, E. L. 1993. **The Biology and Evolution of Fossil Plants**. New York: Praticice Hall, 939p.

TIFFNEY, B. H. 1985. **Geological Factors and the Evolution of Plants**. Yale University: New Haven, 169p.

ANEXO 1 - ESTAMPAS

Estampa 1

Estampa 1

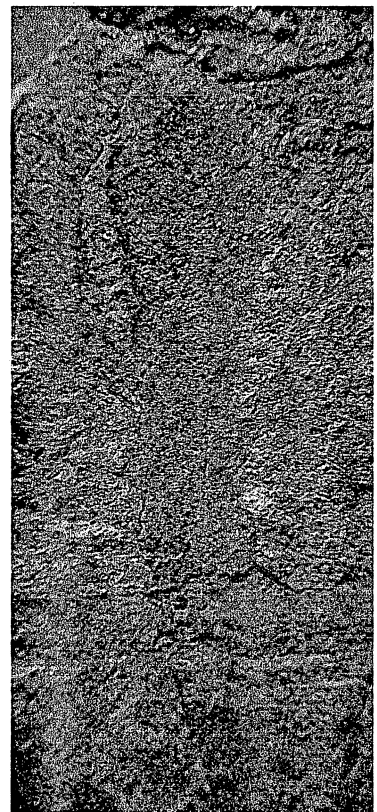
Figura 1 – *Cooksonia paranensis* Guerrienne *et al.* 2001. (Pb204). Escala 5mm.

Figura 2 – Esporângio isolado de *Cooksonia* Lang, 1937. (Pb297). Escala 5mm.

Figura 3 – Esporângio Indeterminado 1. (Pb223). Escala 1mm.

Figura 4 – Esporângio Indeterminado 2. (Pb298). Escala 1mm.

Estampa 1



Estampa 2

Estampa 2

Figura 1 – Eixos estéreis Indeterminado 1. (Pb332). Escala 5mm.

Figura 2 – Eixos estéreis Indeterminado 2. (Pb350). Escala 5mm.

Figura 3 – Eixos estéreis Indeterminado 3. (Pb322). Escala 5mm.

Figura 4 – Eixos estéreis Indeterminado 4. (Pb322). Escala 5mm.

