



**CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS DA
LIGNOFLOTA TRIÁSSICA DA REGIÃO DE SÃO PEDRO DO SUL, RS**

Porto Alegre, 2011

TATIANA PASTRO BARDOLA

**CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS ENTRE A
LIGNOFLOTA TRIÁSSICA DA REGIÃO DE SÃO PEDRO DO SUL, RS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores: Prof. Dr. Cesar Leandro Schultz

Profa. Dra. Margot Guerra-Sommer

Supervisora: Msc. Gabrielli Gadens Marcon

Porto Alegre, 2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “Caracterização Anatômica e Relações Estratigráficas entre a Lignoflora Triássica da região de São Pedro do Sul,RS”, elaborado por Tatiana Pastro Bardola, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Profa.Dra.Marina Bento Soares

Prof.Dr.Paulo Alves de Souza

Dedico este trabalho a minha mãe Maria Helena Pastro Bardola que sempre acreditou no meu potencial, mais do que eu poderia, e mesmo nos momentos mais difíceis não me deixou desistir.

Agradeço a todos os professores do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo conhecimento alcançado até aqui, mas em especial aos professores de paleontologia, área esta que se tornou minha grande paixão durante toda minha graduação. Devo agradecimentos especiais a minha primeira professora de paleontologia, “pois a primeira professora de paleontologia a gente nunca esquece”, Profa.Dra.Marina Bento Soares que me apresentou este mundo paleontológico fantástico pela primeira vez, arrebatando minhas atenções a esta área por toda a graduação, bem como a “meu modelo de profissional na área”, geólogo-paleontólogo, Prof.Dr.Cesar Leandro Schultz pelos ensinamentos teóricos e de campo. Agradeço eternamente a minha orientadora de iniciação científica, Profa.Dra.Margot Guerra Sommer, que me mostrou como se faz ciência de forma incansável e foi um exemplo humano de como superar sempre os piores obstáculos que a vida pode impor repentinamente. Agradeço também a todos os colegas pela troca de energia, tanto nas horas boas, quanto nas ruins; a minha supervisora Gabrielle Gadens Marcon que não me deixou desperdiçar tempo com o que não traz prosperidade; e a minha guru Dra.Miriam Cazzulo Klepzig. E por último, por seu valor imenso, agradeço a minha família que foi minha base de sustentação em todos os sentidos, sem a qual não teria chegado até aqui.

...“um coração não é julgado por quanto você ama, mas por quanto é amado pelos outros.”

“O Mágico de Oz” de L.Frank Baum

RESUMO

O projeto temático aqui apresentado integrou diferentes metodologias para testar a possibilidade de correlação estratigráfica entre dois afloramentos fossilíferos triássicos (Chiniquá e Água Boa) na região de São Pedro do Sul (Rio Grande do Sul, Brasil) que se caracterizam pela abundância de lenhos silicificados. Essa fitoflora é relacionada ao Arenito Mata, segundo a litoestratigrafia, e ao topo da Seqüência Santa Maria 2 ou a base da Seqüência Santa Maria 3, ambas pertencentes à Superseqüência Santa Maria, segundo a estratigrafia de seqüências. Esse posicionamento incerto deve-se a falta de continuidade entre afloramentos, devido à cobertura vegetal e as falhas que movimentaram os blocos. A utilização de análises paleobotânicas taxonômicas permitiu caracterizar distintos padrões de composição florística, relacionada à deposição em sítios diversificados em um grande ambiente fluvial. Em Chiniquá a lignoflora monotípica é representada apenas por ginkgófitas, e em Água Boa ocorrendo as mesmas ginkgófitas lado a lado com coníferas, portanto caracterizando uma associação heterotípica. A confecção de perfis de superfície em Chiniquá denotou a ausência dos lenhos dentro do pacote sedimentar, estando todos rolados sobre o terreno, ou cobertos por solo, o que inviabilizou as correlações entre os dois afloramentos escolhidos inicialmente para este estudo. Escolhido novo ponto, o afloramento Piscina devido à preservação do pacote que contém lignoflora, a aplicação da técnica baseada em ondas eletromagnéticas (GPR) comprovou a viabilidade parcial dessa metodologia na verificação da continuidade lateral, em subsuperfície, de níveis com lenhos. A aplicação dessa técnica associada a resultados obtidos de perfis de superfície, subsuperfície e análises paleobotânicas dos lenhos fósseis fornecerá importantes subsídios à correlação de camadas contendo lenhos fósseis. Todavia, há a necessidade de confirmação da funcionalidade desta técnica em outros afloramentos que possuem preservada a camada sedimentar que contém os lignofósseis.

Palavras-Chave: Lignoflora. Triássico. Bacia do Paraná. São Pedro do Sul.

ABSTRACT

This study integrate different methodologies to test the stratigraphic correlation between two Triassic outcrops (Chiniquá and Água Boa) in the region of São Pedro do Sul (Rio Grande do Sul State, Brazil) which are characterized by the presence of abundant fragments of silicified woods. The lignoflora has been correlated to the Mata Sandstone, according to lithostratigraphic parameters, and to top of Santa Maria Sequence 2 or to bottom of Santa Maria Sequence 3, both included in the Santa Maria Supersequence, according to sequence stratigraphic analyses. The lack of continuity between outcrops, owing to vegetal covering and the presence of regional faults were factor that have impeded secure correlations. Paleobotanical analysis allowed to the identification of different floristic patterns in each outcrop, probably originated from plant associations adapted to distinct niches in fluvial paleoenvironments. In Chiniquá a monotypic lignoflora is represented only by ginkgophytes, whereas in Água Boa ginkgophytes were complementary forms in an heterotypic plant association dominated by conifers. The elaboration of a surface profile in Chiniquá evidenced that wood fragments were dispersed on surface or included in soils and were absent in the sedimentary package. This evidence has impeded lithological correlations between Chiniquá and Água Boa outcrops, previously selected for the study. Taking into account that analyses based on electromagnetic waves (GPR) were not successfully applied in both Chiniquá and Água Boa outcrops, it was choosed the Piscina outcrop, which lies in the surroundings of Sao Pedro do Sul, included in the Santa Maria 3 sequence, where the sedimentary layer containing wood is clearly preserved. The results have confirmed the viability of this technique, with the main goal of to verify, in subsurface, the lateral continuity of layers containing fossil woods. Nevertheless, electromagnetic waves (GPR) analyses in different outcrops which have preserved the sedimentary layer with fossil woods must be developed in order to ratify its functionality, associated to lithological and palaeobotanical analyses.

Key words: Lignoflora. Triássico. Bacia do Paraná. São Pedro do Sul.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Seções dos lenhos a serem laminadas. Figura modificada de Rost, 1979.18
- Figura 2.** Antena utilizada na aquisição dos dados neste estudo: composta por uma caixa blindada (vermelha) a qual possui, internamente, uma antena transmissora e outra receptora. Os dados digitalizados são armazenados na memória do coletor (azul) conectado a um GPS (amarelo).20
- Figura 3.** Reconstrução paleogeográfica do sudoeste do Gondwana durante o Médio e o Neotriássico (contornos continentais, paleolatitudes e configuração dos Gondwanides modificados de Veevers *et al.*, 1994) mostrando a zona de cisalhamento sinistral como sugerido por dados paleomagnéticos e a tensão transpressional associada (Tp). As zonas de cisalhamento dextrais são zonas de acomodação desenvolvidas por reativação de antigas estruturas. As bacias extensionais do Sul do Brasil e do Sul da África são perpendiculares à pressão transtensional (Tt). CFB = Cape Fold Belt, SV = Sierra de la Ventana. Modificado de Zerfass *et al.*, 2004.22
- Figura 4.** Coluna cronoestratigráfica mostrando a Supersequência Santa Maria dividida em 3 sequências de terceira ordem, nas quais os lenhos do estudo poderiam ser relacionados tanto ao topo da Sequência 2, como à base da Sequência 3. Modificada de Zerfass *et al.* (2003).24
- Figura 5.** SPS: São Pedro do Sul; SM: Santa Maria; Início do Perfil: local de teste com o GPR. Figura modificada de Zerfass *et al.* (2003) com acréscimo de imagem retirada de www.googleearth.com. ...25
- Figura 6.** A) Ginkgófita do afloramento Chiniquá: seta branca indica protuberância da cicatriz que corresponderia a ramos longos como ocorre em *Ginkgo biloba* atualmente; B) Ginkgófita do afloramento Chiniquá: seta preta indica cicatriz foliar tripla que corresponderia a folhas verticiladas como ocorre em *Ginkgo biloba*; C) *Ginkgo biloba* do Parque Redenção em Porto Alegre, RS; D) Ginkgófita do afloramento Água Boa: seta preta indica cicatriz foliar sextupla que corresponderia a folhas verticiladas como em *Ginkgo biloba*. Fotos da autora.27
- Figura 7.** Lâminas petrográficas do Afloramento Água Boa: A) Seção tangencial do lenho mostrando raios de alturas variadas, B) Seção radial mostrando campos de cruzamento, C) Seção radial mostrando curvamento dos traqueídeos; Afloramento Chiniquá: D) Seção radial mostrando espessamento espiralado dos traqueídeos e parte de campo de cruzamento (no alto, à esquerda da foto). Fotos da autora.29
- Figura 8.** Pontos do afloramento Chiniquá onde foram elaborados perfis de superfície. Modificado de www.googleearth.com.33
- Figura 9.** Perfil estratigráfico do ponto 1 do afloramento Chiniquá. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.34
- Figura 10.** À esquerda: setas pretas indicam lenhos dentro do pacote arenítico; à direita: arenito conglomerático que envolve os fósseis.35

Figura 11. Perfil estratigráfico do ponto 2 do afloramento Chiniquá. Foto mostrando extensão lateral do canal. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.	36
Figura 12. Estratificação cruzada acanalada do canal fluvial do ponto 2 de Chiniquá.	37
Figura 13. Perfil estratigráfico do ponto 3 do afloramento Chiniquá. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.	38
Figura 14. Estratificação cruzada planar em lente de areia.	39
Figura 15. Perfil estratigráfico do ponto 4 do afloramento Chiniquá. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.	40
Figura 16. Seixos e intraclastos da fácies Fl na fácies Sp com estratificação cruzada planar.	41
Figura 17. Perfil estratigráfico do ponto 5 do afloramento Chiniquá. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.	42
Figura 18. Fácies Ss.	43
Figura 19. Fácies Fl mostrando estratificação cruzada acanalada (martelo está no meio de um acanalamento).	43
Figura 20. Fácies Sm com concreções sobrepostas a ela.	44
Figura 21. Fácies Sm.	44
Figura 22. Fácies Sh.	45
Figura 23. Fácies Sh.	45
Figura 24. Setas pretas indicam a movimentação dos pacotes causada por falhas. Seta branca mostra nível que contém seixos silicosos e fragmentos de lenhos sobrepostos por solo.	47
Figura 25. Teste com equipamento no afloramento Piscina em ponto que se vê apenas uma extremidade de lenho fóssil inserido dentro da camada arenítica.	47
Figura 26. Imagem digital bruta adquirida através do GPR. Seta preta indica a presença de lenho silicificado.	48
Figura 27. Limites entre as zonas paleoclimáticas para o período Triássico. Seta preta indica localização da região deste estudo. Modificado de Scotese (2003).	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	21
4 RESULTADOS.....	26
4.1. Descrição Macroscópica dos Lenhos.....	26
4.1.1. Afloramento Água Boa.....	26
4.1.2. Afloramento Chiniquá.....	26
4.2. Descrição Microscópica dos Lenhos.....	28
4.2.1. Afloramento Água Boa.....	28
4.2.2. Afloramento Chiniquá.....	28
4.3. Taxonomia e Classificação.....	30
4.4. Perfis Estratigráficos de Superfície.....	32
4.5. Perfil de Subsuperfície.....	46
5 DISCUSSÃO.....	49
6 CONCLUSÃO.....	52
7 PERSPECTIVAS FUTURAS.....	53
REFERÊNCIAS.....	54

1. Introdução

O projeto temático aqui apresentado visa testar a possibilidade de correlação estratigráfica entre dois afloramentos de idade Triássico que se caracterizam pela abundância de lenhos silicificados, ambos localizados na região de São Pedro do Sul (Rio Grande do Sul, Brasil): Afloramento Chiniquá e Afloramento Água Boa. Para tanto, serão utilizadas, de modo integrado, metodologias de caráter paleontológico, litoestratigráfico e eletromagnético (com o uso de GPR).

A abundância de lenhos fossilizados no Rio Grande do Sul tem levado ao reconhecimento das “Florestas Petrificadas”, documentadas desde o século XIX (Ave Lallemand, 1880; Isabelle, 1883). Posteriormente, ocorrências de troncos permineralizados na região sul do Brasil foram registradas por White (1908) em camadas avermelhadas denominadas por ele como Formação Rio do Rasto. Mais tarde as camadas de tom avermelhado foram denominadas como “Camadas Santa Maria” por Moraes-Rego (1930) e como Formação Rio do Rasto por Huene & Sthaleker (1931). Menções a lenhos fósseis em seqüências triássicas também foram efetuadas por Fiuza da Rocha & Scorza (1940), Gordon Jr. (1947) e Beurlen *et al.* (1955). Os troncos da região de Santa Maria e arredores foram incluídos em diferentes unidades litoestratigráficas: Grupo Rosário do Sul (Gamermann, 1973), Fácies Caturrita da Formação Botucatu (Bortolluzzi, 1974) e posteriormente incluídos na Formação Caturrita (Andreis *et al.* 1980) ou ainda passaram a ser considerados um nível estratigráfico à parte (chamado de “Seqüência III” por Faccini (1989) e “Seqüência Santa Maria 3” por Zerfass *et al.*, 2003). Com base em critérios de Lavina & Scherer (1997) adaptados de Mitchum *et al.*, (1997), para depósitos continentais, Scherer *et al.* (2000), incluíram os lenhos fósseis em um grande sistema fluvial de canais entrelaçados, denominado como Seqüência Rética.

As primeiras identificações de padrões anatômicos de lenhos fósseis foram efetuadas por Rau (1933) através do registro de *Araucarioxylon* Kraus, 1870 na região de Santa Maria, a partir de fragmentos ocorrentes em ravinas resultantes de erosão superficial. Esse padrão anatômico, como também o padrão *Dadoxylon* Endlicher são muito citados na literatura científica como componentes de associações triássicas sul-rio-grandenses, sem que, entretanto, sejam sequer apresentados estudos anatômicos que comprovem tal afinidade. Estes gêneros foram sinonimizados ao morfogênero *Agatoxylon* Philippe & Bamford (2008), muito comum em seqüências gondwânicas mesozóicas e paleozóicas, mas que não oferece qualquer resolução de cunho estratigráfico. Por outro lado, *Cedroxylon canoense* Rau (1934), descrito posteriormente para a região de Canoas (Rau, 1934) não pode ser comprovadamente incluído

nas associações triássicas do Rio Grande do Sul, dada à impossibilidade de localização de holótipos e parátipos.

A partir da nucleação da pesquisa paleontológica no Instituto de Ciências Naturais da UFRGS, em 1954, e posteriormente com a estruturação do Curso de Pós-Graduação em Geociências (1974) iniciou-se, com os trabalhos de Barberena (1977) e Bortolluzi (1974), o estudo formal de vertebrados e plantas fósseis contidos nas camadas triássicas do sul da Bacia do Paraná, sem que, contudo, fossem analisados padrões anatômicos de lenho.

O projeto sítios paleontológicos do Estado do Rio Grande do Sul desenvolvido pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) levou ao cadastramento de 17 sítios paleontológicos de madeiras fósseis, incluídos por Santos & Moreira (1987) na Formação Caturrita (Andreis *et al.*, 1980) de idade Triássico. A execução desse projeto teve como objetivo identificar os sítios de lenhos fósseis, visando posterior tombamento pelo Patrimônio Histórico Nacional. Neste período, iniciaram-se, nos municípios de Santa Maria, Mata e São Pedro do Sul, os movimentos preservacionistas que levaram a uma conscientização da população a respeito do valor científico-cultural das “Florestas Petrificadas” como testemunhos de um estágio de evolução das plantas terrestres. Esse movimento, todavia, não prosperou e continua até o presente a extração e venda desses fósseis, apesar das tentativas de controle do DNPM e Ministério Público.

Ao longo das últimas décadas, o estudo dos lenhos contidos nas seqüências triássicas do RS tem se intensificado, graças à formação acadêmica de paleobotânicos junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Ufrgs. A produção científica, todavia, concentrou-se em análises de composição mineralógica (Guerra-Sommer & Gammerman, 1985; Minello, 1994; Silvério da Silva, 1997), tafonomia (Bolzon & Guerra-Sommer, 1994), e fossildiagênese (Minello, 1994; Silvério da Silva, 1997; Bolzon & Machado, 2002; Bolzon *et al.*, 2004).

Do ponto de vista bioestratigráfico, diversos autores têm considerado essas associações fósseis, que ocorrem em afloramentos geograficamente isolados entre si, como contemporâneas e pertencentes a uma única unidade litoestratigráfica (Gamermann, 1973: Fácies Caturrita da Formação Botucatu; Bortolluzzi, 1974: Formação Caturrita; Andreis *et al.*, 1980: Formação Caturrita), não obstante a constatação de que existem diferentes tipos de lenhos entre os afloramentos. Nessa hipótese, tal heterogeneidade refletiria variações laterais de composição da paleoflora. Entretanto, a correlação entre os vários afloramentos portadores de lenhos fossilizados apresenta dificuldades, em virtude de diferentes fatores, tais como: (i) deficiências na resolução taxonômica; (ii) ausência de continuidade entre os afloramentos que contém lenhos fósseis; e (iii) ausência de relações bem definidas de contato de topo e base

nesses afloramentos com lignoflora. Desse modo, não se exclui a possibilidade de que as variações morfo-anatômicas observadas nos lenhos em diferentes afloramentos possam representar diferentes associações de plantas relacionadas a mudanças temporais.

Análises baseadas em sequências deposicionais (Faccini, 1989) incluíram os lenhos na Sequência III, de idade Rética. Seguindo os mesmos parâmetros, Zerfass *et al.* (2003) incluíram os lenhos fósseis na Sequência Santa Maria II da Supersequência Santa Maria.

Dentre os lenhos petrificados até o presente registrados para o Triássico sul-rio-grandense, é importante salientar que apenas uma morfoespécie, *Rhexoxylon brasiliensis* Herbst & Lutz (1988), procedente da região de São Pedro do Sul, tem comprovada importância bioestratigráfica atualmente, pois o gênero *Rhexoxylon* é um fóssil-guia para o intervalo Anisiano-Ladiniano. Todavia, a ausência de informações a respeito do local de coleta e da unidade estratigráfica da qual proveio o material, parcialmente invalida a informação intrínseca fornecida pelo fóssil.

A identificação de abundante associação monotípica de fragmentos de lenhos gimnosperâmicos (*Sommerxylon spiralosus* Pires & Guerra-Sommer, 2004) no afloramento linha São Luis, em Faxinal do Soturno, confirmou a presença de plantas vinculadas a Taxaceae no Triássico sul-rio-grandense. Morfogêneros com afinidade ao grupo das taxáceas atuais eram conhecidos, até então, somente a partir do Cretáceo.

A identificação de associação abundante e monotípica de lenhos gimnosperâmicos dispersos na superfície do afloramento Chiniquá, localizado entre os municípios de São Pedro do Sul e Mata (Bardola *et al.*, 2009) constituiu importante aporte à composição florística do Triássico gondwânico brasileiro. O padrão xilemático comum a essas formas remete ao grupo das ginkgófitas, representado atualmente por um único gênero (*Ginkgo biloba*) nativo apenas no leste asiático. A espécie *Baieroxylon cicatricum* Prasad & Lele (1984), exclusiva na associação, já havia sido registrada como *nomem nudum* por Minello (1994).

Na mesma área geográfica, mas distante cerca de 20 km para leste do afloramento Chiniquá foi identificada, em 2007, pelo professor Átila A. da Rosa da UFSM, uma sequência síltico arenosa, incluída pelo mesmo na Formação Caturrita, de idade Triássico, contendo uma abundante associação de lenhos silicificados, aflorantes nas margens de uma estrada então em construção, entre as cidades de São Pedro do Sul e Dilermando de Aguiar. Análises macroscópicas preliminares dos lenhos fósseis procedentes desse afloramento, aqui denominado Água Boa, indicaram que o estágio de preservação dos mesmos permite sua caracterização taxonômica, pois não há recristalização total. A dominância de planos lenhosos vinculados provavelmente a coníferas e a presença de estruturas superficiais típicas de

ginkgófitas em 10% dos fragmentos lenhosos permitem caracterizar a associação como heterotípica. Essa evidência é muito relevante na discussão das hipóteses de trabalho de contemporaneidade ou sucessão, estabelecidas anteriormente com relação a associações vegetais que originaram as associações fósseis aqui discutidas.

Tentativas de verificar uma eventual correlação estratigráfica entre os afloramentos Chiniquá e Água Boa esbarram na presença de uma extensa cobertura vegetal. Alguns autores (Zerfass *et al.*, 2003; Da Rosa & Faccini, 2005) reportaram, para a região, a ocorrência de falhamentos com rejeitos significativos, que imporiam uma compartimentação estrutural para a área em questão. Esses fatores alterariam a continuidade estratigráfica lateral da sucessão sedimentar mesozóica da região central do Rio Grande do Sul.

Nesse contexto, os afloramentos Chiniquá e Água Boa, apesar de hoje posicionados em cotas topográficas semelhantes, poderiam representar níveis estratigráficos distintos. Todavia, os dados levantados até o presente são insuficientes para comprovar ou refutar a contemporaneidade das duas associações lignoflorísticas ali contidas.

A partir de tudo que foi exposto, o presente projeto pretende investigar as seguintes indagações:

(i) Seriam as associações de Chiniquá e Água Boa contemporâneas, porém composicionalmente distintas?

(ii) Considerando a hipótese de contemporaneidade, representariam essas duas associações variações dentro de um grande ambiente fluvial, sendo a associação monotípica de Chiniquá adaptada a padrões de disponibilidade hídrica distinta em relação à associação de Água Boa?

(iii) Corresponderiam essas associações a tafofloras com algumas semelhanças composicionais, mas representativas de distintos horizontes estratigráficos?

O plano de estudos aqui delimitado tentou responder a algumas dessas indagações constituindo um estudo de caso que testou a eficácia de integração de metodologias de caráter paleontológico, litoestratigráfico, e eletromagnético, aplicadas regionalmente, com o intuito de fornecer subsídios ao estabelecimento de correlações temporais e espaciais entre os dois afloramentos aqui citados.

As análises paleobotânicas permitiram caracterizar padrões de composição florística entre os dois afloramentos. Os lenhos fósseis do afloramento Água Boa foram identificados a partir de observação mesoscópica que permitiu a caracterização de dois grupos gimnospérmicos distintos e de critérios parataxonômicos de natureza anatômica que levaram ao estabelecimento de uma morfoespécie. Os resultados permitiram a estabelecer distinções

entre a composição da lignoflora do afloramento Água Boa em relação e aquela já definida anteriormente para o afloramento de Chiniquá (Bardola *et al.*, 2009).

Por outro lado, a aplicação de técnica baseada em ondas eletromagnéticas (GPR) testou a funcionalidade desta metodologia como ferramenta na definição de padrões litoestratigráficos, na verificação da continuidade lateral, em subsuperfície, destes níveis com lenhos, bem como sua eventual correlação. No entanto, devido aos prazos limitados para a realização das atividades de campo, considerando-se o caráter experimental – para o tipo de estudo em questão – e os procedimentos envolvendo a utilização do GPR, este método foi aplicado como teste. A obtenção de resultados definitivos demanda prazos muito mais amplos, envolvendo diferentes fases de adaptação e análise, e a definição de um protocolo de procedimentos que pudesse ser usado, no futuro, em estudos semelhantes. Os resultados, dessa forma, restringiram-se a informar sobre a viabilidade e eficácia desta metodologia como ferramenta potencial visando à solução de problemas de correlação regional de afloramentos.

2. Materiais e métodos

O material estudado corresponde a uma associação de fragmentos de lenhos silicificados provenientes dos afloramentos Água Boa (31 amostras) e Chiniquá (15 amostras). Os lenhos de ambos os afloramentos foram permineralizados (os tecidos vegetais são infiltrados e permeados por águas saturadas de minerais com posterior precipitação intracelular) por sílica e ferro, petrificados (neste estágio a matéria orgânica é totalmente substituída por compostos minerais, Iannuzzi & Vieira, 2005) e em alguns casos totalmente recristalizados, como em dois lenhos do afloramento Chiniquá. A mineralogia dos lenhos fósseis do afloramento Chiniquá já foi estudada por Minello (1994) através de descrição petrográfica, difração de raio-x, microsonda e microscópio eletrônico de varredura, onde foi verificada a presença de opala, calcedônia, goethita e quartzo cristalino.

Enquanto que no afloramento Água Boa os lenhos foram encontrados inclusos no sedimento, em posição semi-horizontalizada e sem orientação definida, restritos a um só horizonte no perfil estudado, em Chiniquá eles estão, em sua maioria, rolados sobre blocos de arenito conglomerático. As amostras provenientes do afloramento Chiniquá já haviam sido laminadas anteriormente visando à realização das análises anatômicas que viabilizaram classificação taxonômica publicada em periódico da área (Bardola *et al.*, 2009). Das 15 amostras macroscópicas de Chiniquá foram confeccionadas lâminas petrográficas para análise taxonômica de 13 espécimes, pois dois fragmentos estavam totalmente recristalizados o que impediria a visualização das características anatômicas, uma vez que a sílica substituiu, destruindo, todas as paredes do fóssil vegetal. Os lenhos fósseis de ambos os afloramentos estão depositados no Setor de Paleobotânica do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, do Instituto de Geociências da Ufrgs e as lâminas petrográficas correspondentes ao do afloramento Chiniquá de números Pb 428-1, Pb 428-2, Pb 500-1, Pb 500-2, Pb 4300-1, Pb 4300-2, Pb 4300-3, Pb 4301-1, Pb 4301-2, Pb 4302-1, Pb 4302-2, Pb 4302-3, Pb 4302-4, Pb 4303-1, Pb 4303-2, Pb 4303-3, Pb 4303-4, Pb 4303-5, Pb 4304, Pb 4305, Pb 4306, Pb 4413-1, Pb 4413-2, Pb 4413-3, Pb 4414, Pb 4415, Pb 4416-1, Pb 4416-2 e Pb 4416-3 e do afloramento Água Boa de números Pb 4957-1, Pb 4957-2, Pb 4957-3, Pb 4958-1, Pb 4958-2, Pb 4958-3, Pb 4973 na laminoteca do mesmo setor.

Para as análises anatômicas do material procedente do afloramento Água Boa foram selecionados espécimes com feições superficiais que sugeriram melhor preservação anatômica tais como: marcas de padrões de crescimento, padrões internos com textura heterogênea, sem recristalização total do material, procedimento esse padrão na seleção de amostras para laminação petrográfica, estabelecido anteriormente, para as amostras de Chiniquá. No

entanto, face a diferentes fatores, tais como (i) o número reduzido de lâminas petrográficas oferecido pelo Instituto de Geociências para a cadeira de Projeto Temático; (ii) a ausência de projeto específico que subsidiasse financeiramente a confecção de um número complementar de lâminas foram limitantes quanto à caracterização taxonômica mais detalhada da associação de Água Boa; optou-se, então, por laminar as amostras identificadas macroscopicamente (devido a feições externas diagnósticas) como pertencentes às ginkgófitas (grupo este monotípico e de ocorrência exclusiva no afloramento Chiniquá), sendo os demais espécimes caracterizados como formas gimnospérmicas afins a coníferas não identificadas. Portanto, foram confeccionadas 7 lâminas petrográficas para o afloramento Água Boa, sendo elas representativas de apenas 3 fragmentos dentre os 31 espécimes inicialmente componentes da associação.

As técnicas de preparação do material seguem procedimentos padrão (Guerra-Sommer & Pires, 2010) para lenhos fosseis. Foram confeccionadas seções delgadas do lenho executadas a partir de cortes dos mesmos em seções transversais, longitudinais radiais e longitudinais tangenciais, as quais permitiram observar o padrão característico de arranjo dos elementos condutores do lenho sob diferentes perspectivas (Figura 1). Para elaboração das seções delgadas foram seguidos os procedimentos de rotina utilizados na preparação de lâminas petrográficas, obedecendo-se, porém a um rigoroso controle ótico das diferentes seções, pois as espessuras devem respeitar os limites das microestruturas a serem analisadas. O protocolo para execução de lâminas delgadas (Guerra-Sommer & Pires, 2010) é o que segue:

- 1 - Secar as amostras em estufa (30 a 40°C) por cerca de uma semana;
- 2 - Cortar os lenhos nas seções desejadas (transversais, radiais e tangenciais) com máquina com serra diamantada lubrificada com óleo;
- 3 - Retirar amostras menores dos fragmentos utilizando máquina com serra lubrificada com água;
- 4 - Lixar as amostras com abrasivo carbetto de silício (320-500) e óxido de alumínio (1500-3000);
- 5 - Lixar novamente as amostras com carbetto de silício em uma placa de vidro;
- 6 - Serrar o excedente de rocha das amostras em máquina lubrificada com água;
- 7 - Lavar as amostras com água e sabão;
- 8 - Secar as amostras em estufa (50°C por 24 horas);
- 9 - Colar as amostras em lâminas de vidro com araldite CY 248 e endurecedor HY 95 (6:1);
- 10 - Secar as amostras em estufa (50°C por 24 horas);

11 - Lixar as amostras em máquina poltriz até a obtenção da espessura desejada, primeiramente com carbeta de silício 320 em placa de vidro e posteriormente utilizar o óxido de alumínio 1500;

12 - Limpar as lâminas com xilol e etiquetar.

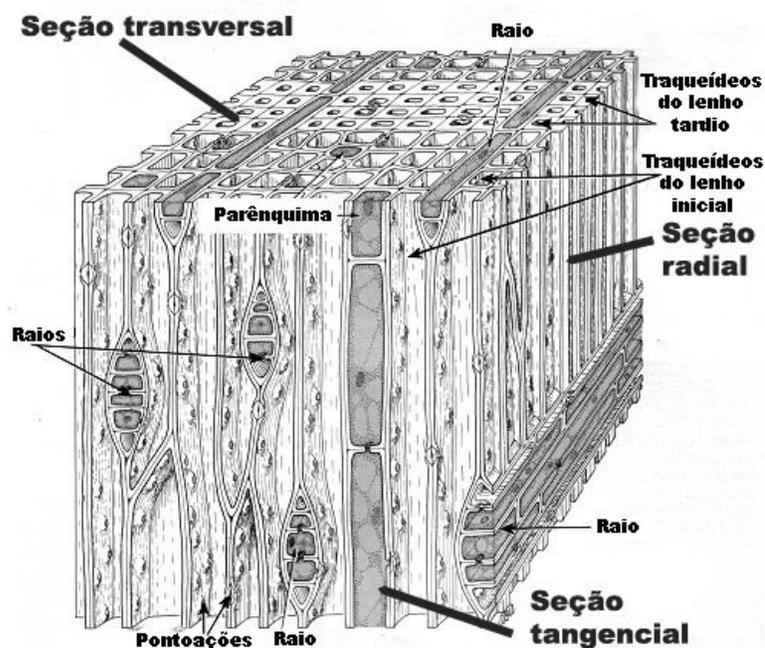


Figura 1. Seções dos lenhos a serem laminadas. Figura modificada de Rost, 1979.

A obtenção de medidas e o estabelecimento de dados estatísticos com diferentes medições foram efetuados a partir da observação em microscópio óptico de luz transmitida, utilizando tabela de conversão específica. A partir desses dados computados, são efetuados cálculos de média aritmética, separados valores máximos e mínimos para cada feição anômica. A documentação fotográfica foi obtida a partir de equipamento fotográfico digital acoplado ao microscópio. A descrição anômica seguiu critérios estabelecidos internacionalmente (IAWA Committee, 2004). Finalmente, a identificação morfo-específica foi efetuada a partir da comparação com bibliografia especializada (Philippe & Bamford, 2008) e por comparação com lâminas existentes na lignoteca do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da UFRGS.

Após a identificação taxonômica do material fossilífero, foram efetuadas duas saídas de campo seguindo as etapas descritas abaixo:

1) Etapa pré-campo: delimitação dos percursos que foram percorridos entre os dois afloramentos fossilíferos para a confecção de um perfil de subsuperfície, com a utilização do GPR. Este percurso foi determinado, inicialmente, utilizando imagens do “Google Earth”.

Paralelamente, foi efetuada consulta à bibliografia existente para verificação dos dados registrados na área em estudo.

2) Etapa de campo:

a) Primeira saída de campo: a primeira fase do trabalho de campo foi realizada para confirmação das condições de acesso para utilização dos equipamentos eletromagnéticos ao longo do perfil delimitado através de imagens do “Google Earth” na etapa anterior. Foi confeccionado ainda nesta saída perfil estratigráfico de superfície de detalhe em cinco pontos do afloramento Chiniquá.

b) Segunda saída de campo: a segunda fase do trabalho de campo foi realizada com acompanhamento de professor orientador, professor e técnico responsáveis pelo equipamento, efetuando-se a coleta de dados de GPR no perfil já delimitado e conferido nas etapas anteriores, para posterior trabalho de dados em laboratório.

A confecção de perfil de subsuperfície em áreas intermediárias aos afloramentos Chiniquá e Água Boa, foi testada para estabelecer, a partir de dados obtidos através do radar de solo (GPR), possíveis inter-relações entre esses dois afloramentos e conseqüentemente, inferir possíveis relações temporais ou ecológicas entre as lignofloras. A técnica do GPR consiste em um método geofísico baseado na emissão de ondas eletromagnéticas para o subsolo, por meio de uma antena transmissora posicionada na superfície do terreno (Figura 2). A onda emitida se propaga até que encontre um horizonte com contraste nas propriedades dielétricas. As mudanças de tais propriedades, em subsuperfície, fazem com que parte da onda seja refletida e/ou refratada. A onda refletida é recebida por uma segunda antena receptora, também posicionada na superfície do terreno. Esta onda é convertida em um sinal, digitalizada e armazenada na memória de um coletor. O alcance em profundidade da onda do GPR depende da sua frequência, que é inversamente proporcional à profundidade de penetração, enquanto a resolução do sinal obtido possui relação direta com a frequência. Além disto, a penetração também dependerá do meio através do qual a onda é transmitida e refletida. Em termos gerais, materiais menos condutivos, como areia seca gerarão respostas em maiores profundidades, enquanto em materiais mais condutivos, como argila e água salobra, a onda perde energia penetrando menos e retornando pouco à antena receptora (Silva, 2009).



Figura 2. Antena utilizada na aquisição dos dados neste estudo: composta por uma caixa blindada (vermelha) a qual possui, internamente, uma antena transmissora e outra receptora. Os dados digitalizados são armazenados na memória do coletor (azul) conectado a um GPS (amarelo).

3. Contexto geológico

A bacia intracratônica do Paraná ocupa área de aproximadamente 1,5 milhões de quilômetros quadrados, apresenta uma forma ovalada com eixo maior N-S, e tem seu contorno atual definido por limites erosivos refletidos à história geotectônica meso-cenozóica, que produziu uma distribuição de rochas heterogêneas, nos locais onde a mesma se distribui: Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai.

Segundo Zerfass *et al.* (2004) o Triássico do sul do Gondwana estava em uma fase extensional que pode ser relacionada à orogenia dos Gondwanides e a movimentos rotacionais do Pangea. Esses processos induziram pressão transtensional, reativando antigas suturas crustais, que levou a criação de um sistema intracontinental de bacias extensionais, com distribuição “en échelon” controlada por zonas de cisalhamento (geradas por compressão oblíqua dos Gondwanides) dextrais subperpendiculares a orogenia dos Gondwanides, do Médio ao Neotriássico da Bacia de Santa Maria (Figura 3). O sistema Gondwanides é interpretado como uma orogenia do tipo Andeana que foi desenvolvida por subducção da crosta oceânica Panthalassa sob a crosta continental Gondwana. Zerfass *et al.* (2004) consideraram deposição relacionada à orogenia Gondwanides como uma sequência de primeira ordem (Neocarbonífero-Neotriássico), cada bacia individualmente ou cada pacote de estratos que representasse uma fase tectônica distinta foi considerada como uma sequência de segunda ordem (3M. A. -50M. a) a qual denominou supersequência. A supersequência pôde ser dividida em seqüências de terceira ordem, nas quais suas sucessões foram controladas tectônica e/ou climatologicamente (0,5-3M. A.).

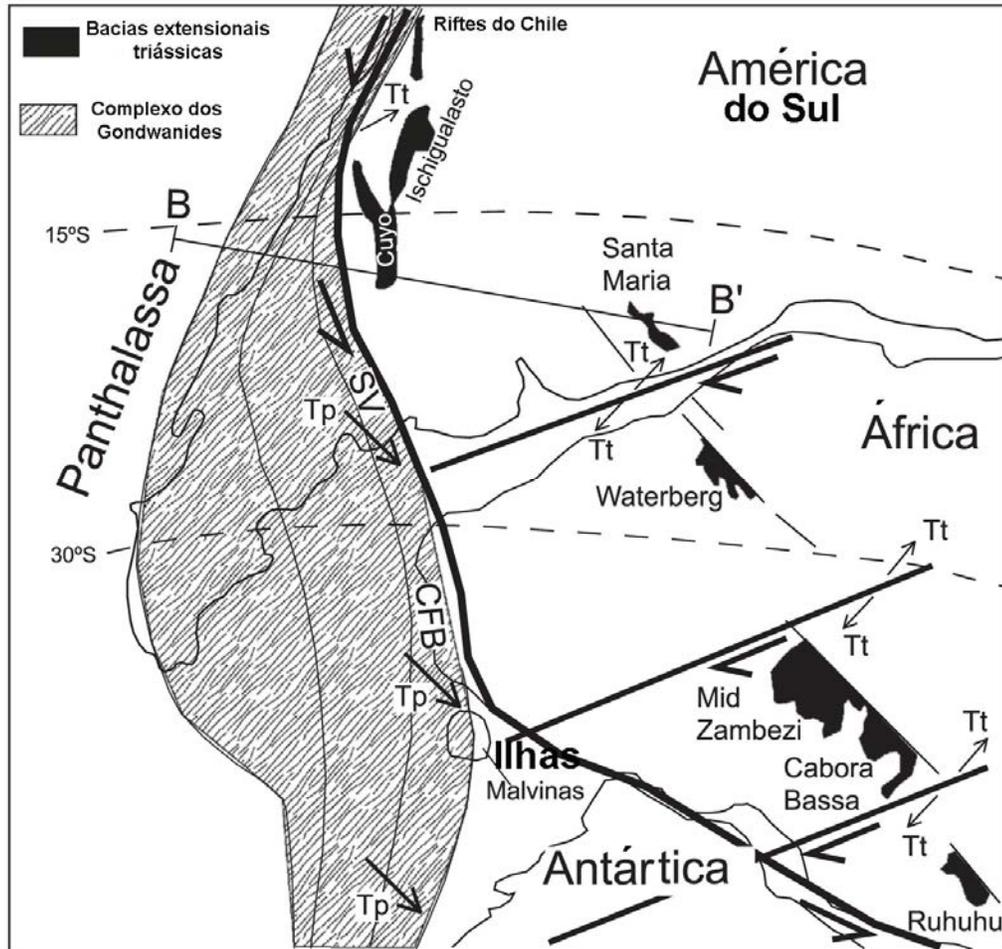


Figura 3. Reconstrução paleogeográfica do sudoeste do Gondwana durante o Médio e o Neotriássico (contornos continentais, paleolatitudes e configuração dos Gondwanides modificados de Veevers *et al.*, 1994) mostrando a zona de cisalhamento sinistral como sugerido por dados paleomagnéticos e a tensão transpressional associada (Tp). As zonas de cisalhamento destrais são zonas de acomodação desenvolvidas por reativação de antigas estruturas. As bacias extensionais do Sul do Brasil e do Sul da África são perpendiculares à pressão transpressional (Tt). CFB = Cape Fold Belt, SV = Sierra de la Ventana. Modificado de Zerfass *et al.*, 2004.

A concepção de Zerfass *et al.* (2003), seguindo parâmetros da estratigrafia de seqüências (Emery & Myers, 1996) modifica algumas concepções previas a respeito das florestas petrificadas do Mesozóico sul-rio-grandense. Essas associações haviam sido incluídas, ao longo de décadas, em diferentes unidades litoestratigráficas: Grupo Rosário do Sul (Gamermann, 1973), Fácies Caturrita da Formação Botucatu (Bortolluzzi, 1974), Formação Caturrita (Andreis *et al.*, 1980) e Arenito Mata como um nível superior distinto com status de seqüência deposicional segundo Faccini (1989) que incluiu este pacote com troncos em sua Seqüência III, de idade Rética. Já Scherer *et al.* (2000), com base em critérios de Lavina &

Scherer (1997) adaptados de Mitchum *et al.*, (1997) para depósitos continentais, incluíram os lenhos fósseis em um grande sistema fluvial de canais entrelaçados, denominado como Seqüência Rética. Zerfass *et al.* (2003) consideraram a sucessão inteira (Formação Santa Maria, Formação Caturrita e Arenito Mata) como uma seqüência de segunda ordem: Superseqüência Santa Maria (Figura 4). Os autores dividiram esta superseqüência em três seqüências de terceira ordem: Seqüência Santa Maria 1 (espessura do pacote em torno de 50m, idade Ladiniano), Seqüência Santa Maria 2 (espessura do pacote em torno de 130m, idade Carniano) e Seqüência Santa Maria 3 (espessura do pacote em torno de 20m, idade Raetiana-Eojurássica). As seqüências de terceira ordem iniciam com deposição fluvial (preferencialmente rios com baixa sinuosidade) à qual se sobrepõem depósitos lacustrinos rasos transgressivos. A Seqüência Santa Maria 2 inclui um bem preservado trato de sistema de nível alto representado por depósitos flúvio-deltaicos compostos de ritmitos, corpos areníticos sigmoidais e corpos areníticos amalgamados. As ocorrências de lenhos fósseis registradas para o afloramento São Luis localizado em Faxinal do Soturno, são incluídas por Pires *et al.* (2005) no tipo dessa seqüência. A Seqüência Santa Maria 3 é somente composta de arenitos conglomeráticos ricos em lenhos silicificados que afloram nas imediações da cidade de São Pedro do Sul

Na região de Chiniquá, os lenhos silicificados ocorrem, em sua maioria, dispersos no topo de um pacote arenoso que aflora no alto de algumas coxilhas. Nos níveis pelíticos sotopostos aos lenhos, ocorrem paleotetrápodes que caracterizam a Cenozona de Therapsida segundo Schultz *et al.* (2000), ou Cenozona de Dinodontosaurus segundo Soares *et al.* (2011), ambas representando a Seqüência Santa Maria 1 (Ladiniano) de Zerfass *et al.* (2003). Nesse contexto, o nível que contem a associação de lenhos, com um contato erosivo na base e sem relações de topo, permite diferentes interpretações do ponto de vista estratigráfico, sendo que o pacote em questão poderia pertencer à porção superior da Seqüência Santa Maria 2 (Carniano) ou à base da Seqüência Santa Maria 3 (Rético).

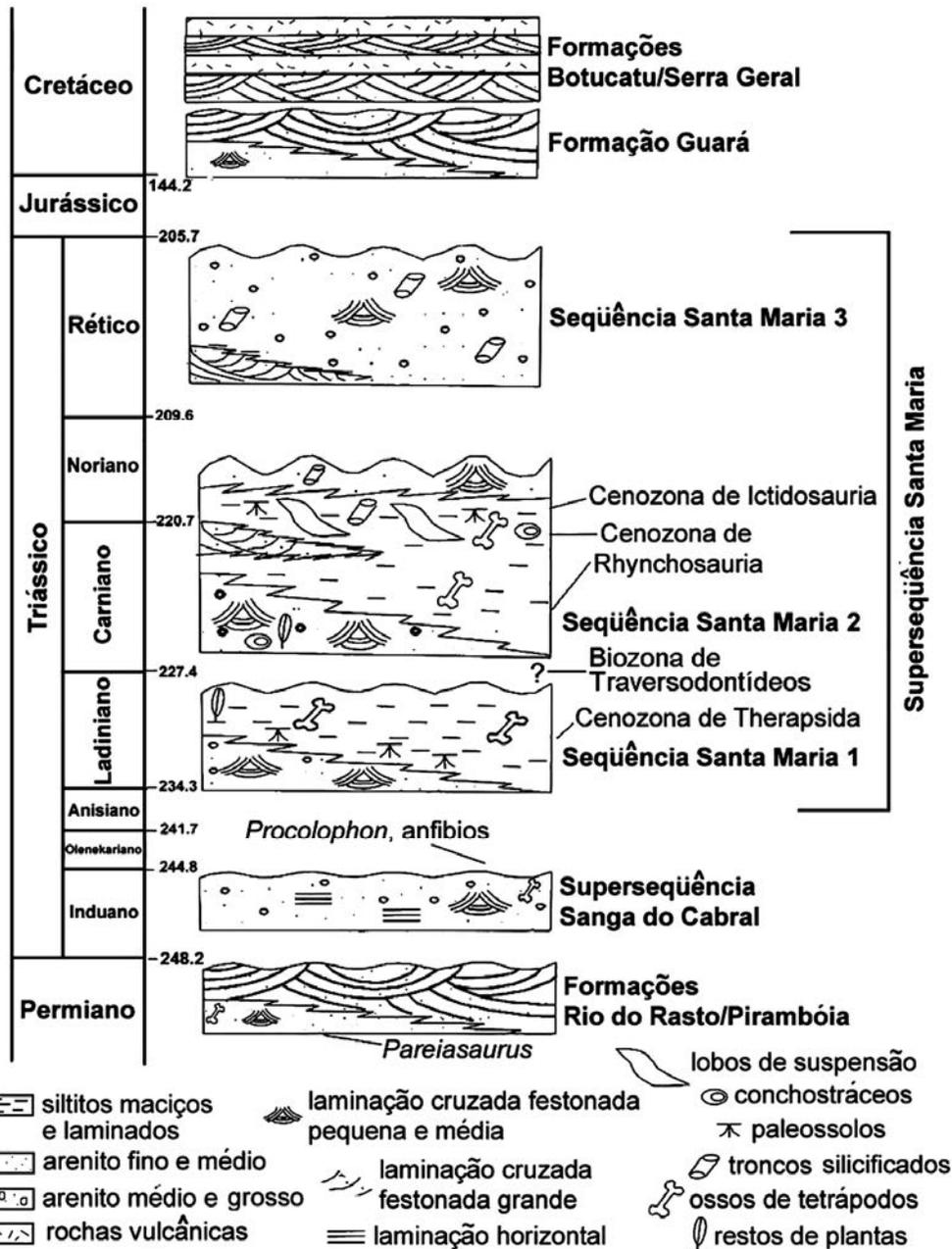


Figura 4. Coluna cronoestratigráfica mostrando a Supersequência Santa Maria dividida em 3 seqüências de terceira ordem, nas quais os lenhos do estudo poderiam ser relacionados tanto ao topo da Sequência 2, como à base da Sequência 3. Modificada de Zerfass *et al.* (2003).

O afloramento Chiniquá (Figura 5) situa-se entre os municípios de São Pedro do Sul e Mata na altura do km 306 da BR-287 (coordenadas 29°39'07 S, 54°25'27 W), enquanto o afloramento Água Boa corresponde a um corte de estrada, no trecho que liga Dilermando Aguiar a São Pedro do Sul (coordenadas 29°40,177' S, 54° 12,467' W), ambos de idade Triássica.

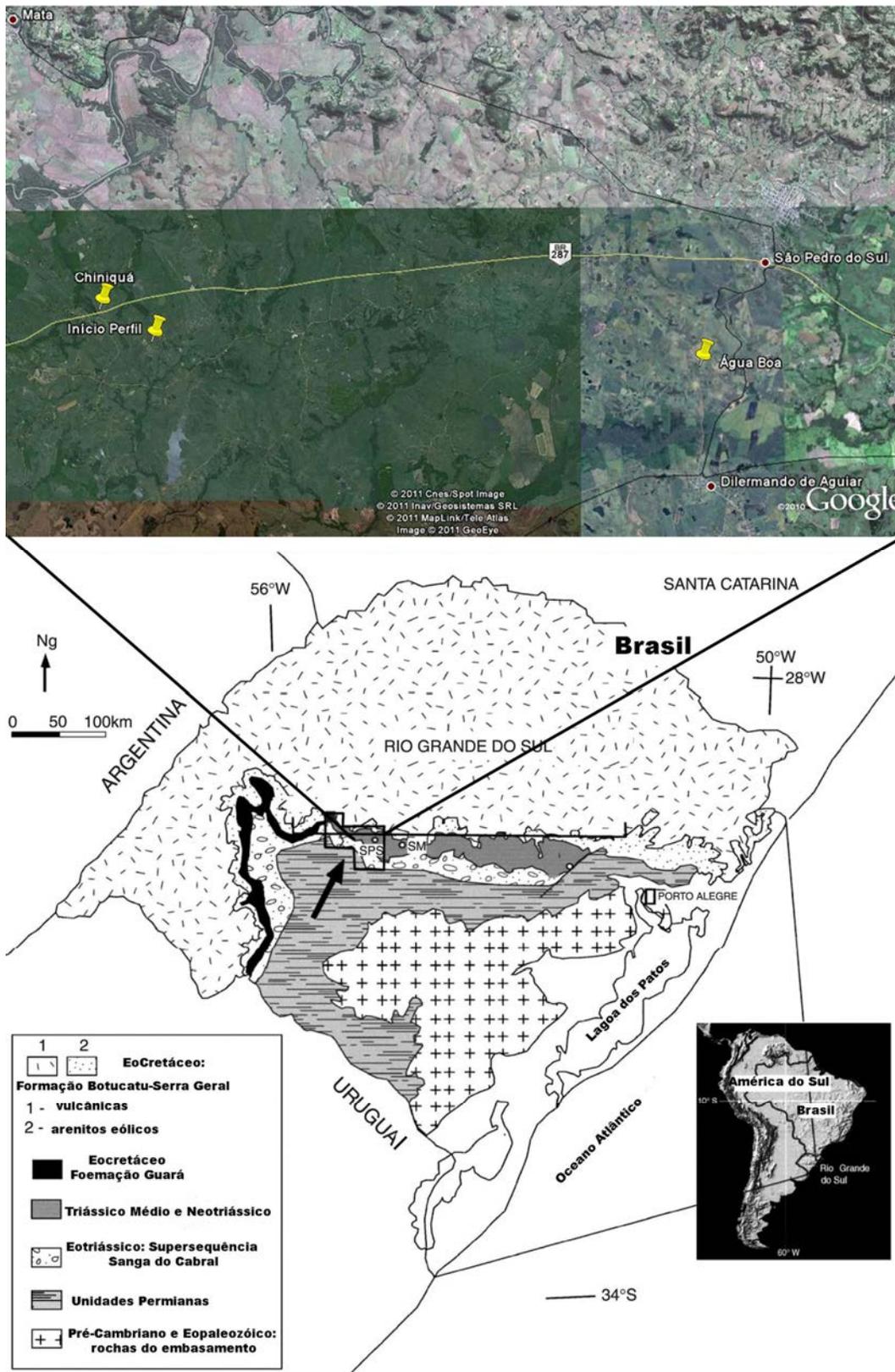


Figura 5. SPS: São Pedro do Sul; SM: Santa Maria; Início do Perfil: local de teste com o GPR. Figura modificada de Zerfass *et al.* (2003) com acréscimo de imagem retirada de www.googleearth.com.

4. Resultados

Os resultados obtidos no presente estudo integram dados de natureza paleobotânica, litoestratigráfica e geofísica obtidos nos dois afloramentos propostos (Chiniquá e Água Boa) além de resultados atingidos em novo ponto, o afloramento Piscina devido à preservação do pacote que contém lignoflora, o que possibilitou uma aplicação da técnica baseada em ondas eletromagnéticas (GPR) com mais precisão.

4.1. Descrição macroscópica dos lenhos

4.1.1. Afloramento Água Boa

Três amostras entre trinta e uma do afloramento Água Boa foram selecionadas por terem sido identificadas macroscopicamente como pertencentes às ginkgófitas. Essa escolha teve como objetivo comparar o padrão ginkgófitico com aquele já anteriormente definido para o afloramento Chiniquá, onde as Ginkgophyta são o grupo vegetal exclusivamente representado. As demais amostras foram caracterizadas apenas através de análises mesoscópicas, que permitiram, de forma ampla, definir um padrão gimnospérmico afim a coníferas, composto de elementos traqueidais imperfurados e ausência de vasos e fibras libriformes (Esaú, 1974). Os fragmentos de ginkgófitas têm tamanhos variáveis entre 12 e 44 cm de diâmetro e 18 e 51 cm de altura (Quadro 1) e coloração variável entre amarelo ocre e laranja avermelhado.

As feições macroscópicas diagnósticas que caracterizaram as amostras estudadas do afloramento Água Boa como pertencentes à morfoespécie *Baieroxylon cicatricum*, Prasad & Lele, 1984 foram as cicatrizes foliares em forma de olhos, com diâmetro variável entre 2 e 18 mm, dispostas de forma aleatória no lenho (Figura 6d) em distâncias entre si que variam de 2 a 51mm (Quadro 1). Algumas cicatrizes mostraram protuberâncias na região central das mesmas, que corresponderiam à emissão de ramos longos, além disso, das cicatrizes vazadas, isto é, sem protuberância, muitas são duplas, triplas e até em grupo de quatro até seis (Figura 6d) indicando saída de ramos curtos, também denominados de braquiblastos de onde saem folhas verticiladas, isto é, folhas em arranjo espiral como ocorre hoje em *Ginkgo biloba* (Figura 6c).

4.1.2. Afloramento Chiniquá

As amostras têm tamanhos variáveis entre 5 e 30 cm de diâmetro e 4 e 32 cm de altura (Quadro 1) e coloração variável entre cinza e amarelo avermelhado. Os diâmetros das

cicatrizes em forma de olhos variam de 4 a 24 mm, distantes umas das outras entre 5 e 60 mm. Na região central de algumas cicatrizes verificam-se protuberâncias (Figura 6a) correspondentes a ramos longos e muitas cicatrizes são duplas até triplas (Figura 6b) correspondentes a ramos curtos (Bardola *et al.*, 2009).

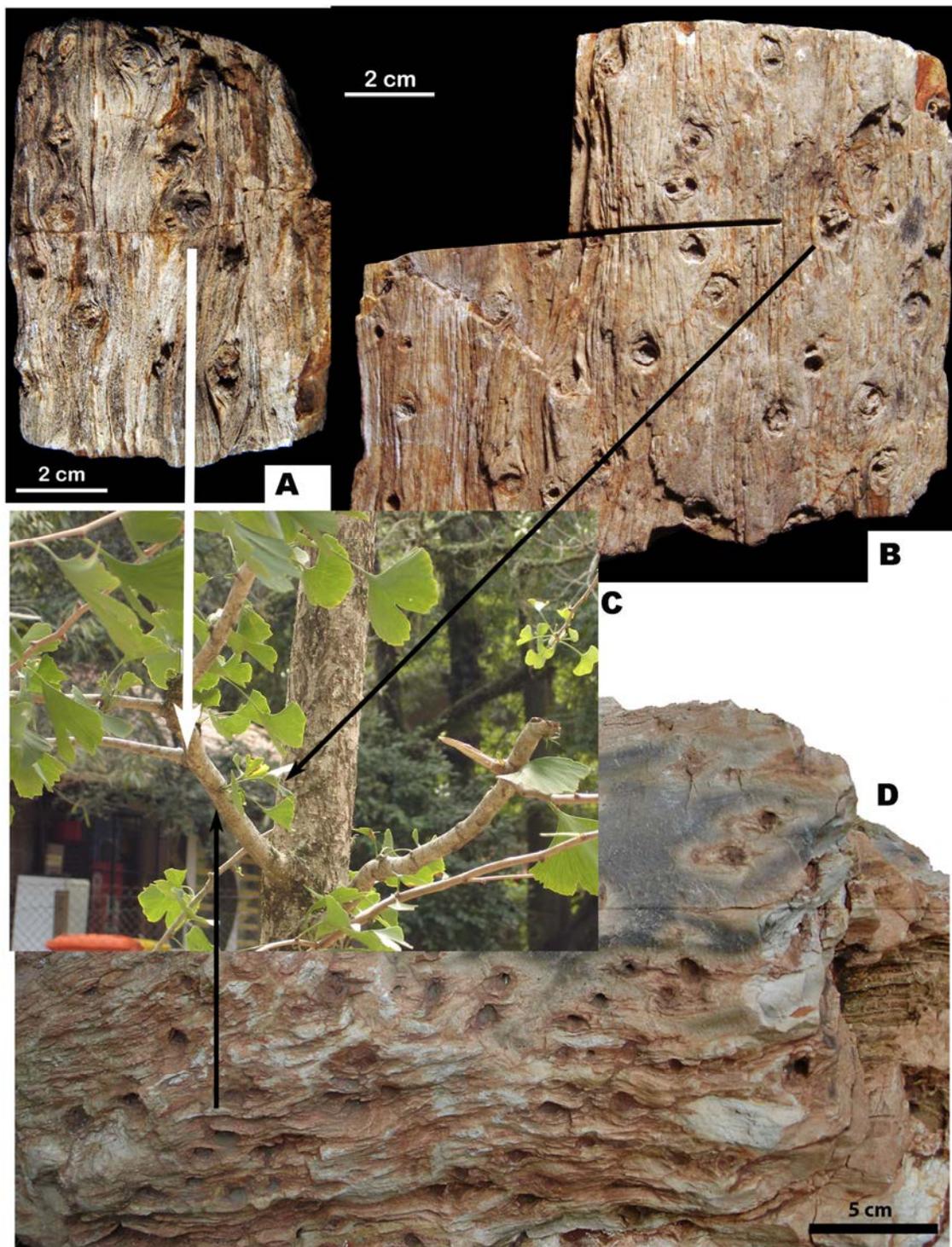


Figura 6. A) Ginkgófita do afloramento Chiniquá: seta branca indica protuberância da cicatriz que corresponderia a ramos longos como ocorre em *Ginkgo biloba* atualmente; B) Ginkgófita do afloramento Chiniquá: seta preta indica cicatriz foliar tripla que corresponderia a folhas verticiladas como ocorre em *Ginkgo biloba*; C) *Ginkgo biloba* do Parque Redenção em Porto Alegre, RS; D) Ginkgófita do afloramento Água Boa: seta preta indica cicatriz foliar sextupla que corresponderia a folhas verticiladas como em *Ginkgo biloba*. Fotos da autora.

4.2. Descrição microscópica dos lenhos

4.2.1. Afloramento Água Boa

Em seção transversal, os traqueídeos do xilema secundário têm forma arredondada e diâmetros variáveis de 16 a 40 μ m. Na seção tangencial os raios lenhosos são unisseriados variando sua altura de 1 a 12 células, com predomínio de raios de 2 a 7 células de altura (Figura 7a). Espessamentos espiralados são observados nos traqueídeos em sentido horário e anti-horário sem padrão. Essas espirais apresentam ângulo médio de 46,6° com variações entre 41° e 59°. Nas seções radiais há de uma a quatro pontoações arredondadas por campo de cruzamento, predominando uma pontoação por campo (Figura 7b). As pontoações são unisseriadas contíguas ou isoladas e algumas vezes parcialmente bisseriadas e arredondadas com diâmetro variável de 4 a 28 μ m (Quadro 1). Verificou-se também que os traqueídeos possuem extremidades curvas como “tacos de golfe”, e que eixos perpendiculares ao plano de crescimento correspondem à emissão de ramos e folhas (Figura 7c).

4.2.2. Afloramento Chiniquá

Em seção transversal, os traqueídeos do xilema secundário têm forma arredondada e diâmetros variáveis de 16 a 48 μ m. Na seção tangencial os raios lenhosos são unisseriados variando sua altura de 1 a 14 células, com predomínio de raios de 2 a 8 células de altura (Quadro 1). Espessamentos espiralados são observados nos traqueídeos em sentido horário e anti-horário sem padrão (Figura 7d). Essas espirais apresentam ângulo médio de 36,1° com variações entre 31° e 40°. Nas seções radiais há de uma a quatro pontoações arredondadas por campo de cruzamento, predominando uma pontoação por campo (Figura 7d). As pontoações são unisseriadas contíguas ou isoladas e algumas vezes parcialmente bisseriadas e arredondadas com diâmetro variável de 6 a 32 μ m. Verificou-se que os traqueídeos possuem extremidades curvas como “tacos de golfe”, e que eixos perpendiculares ao plano de crescimento correspondem à emissão de ramos e folhas.

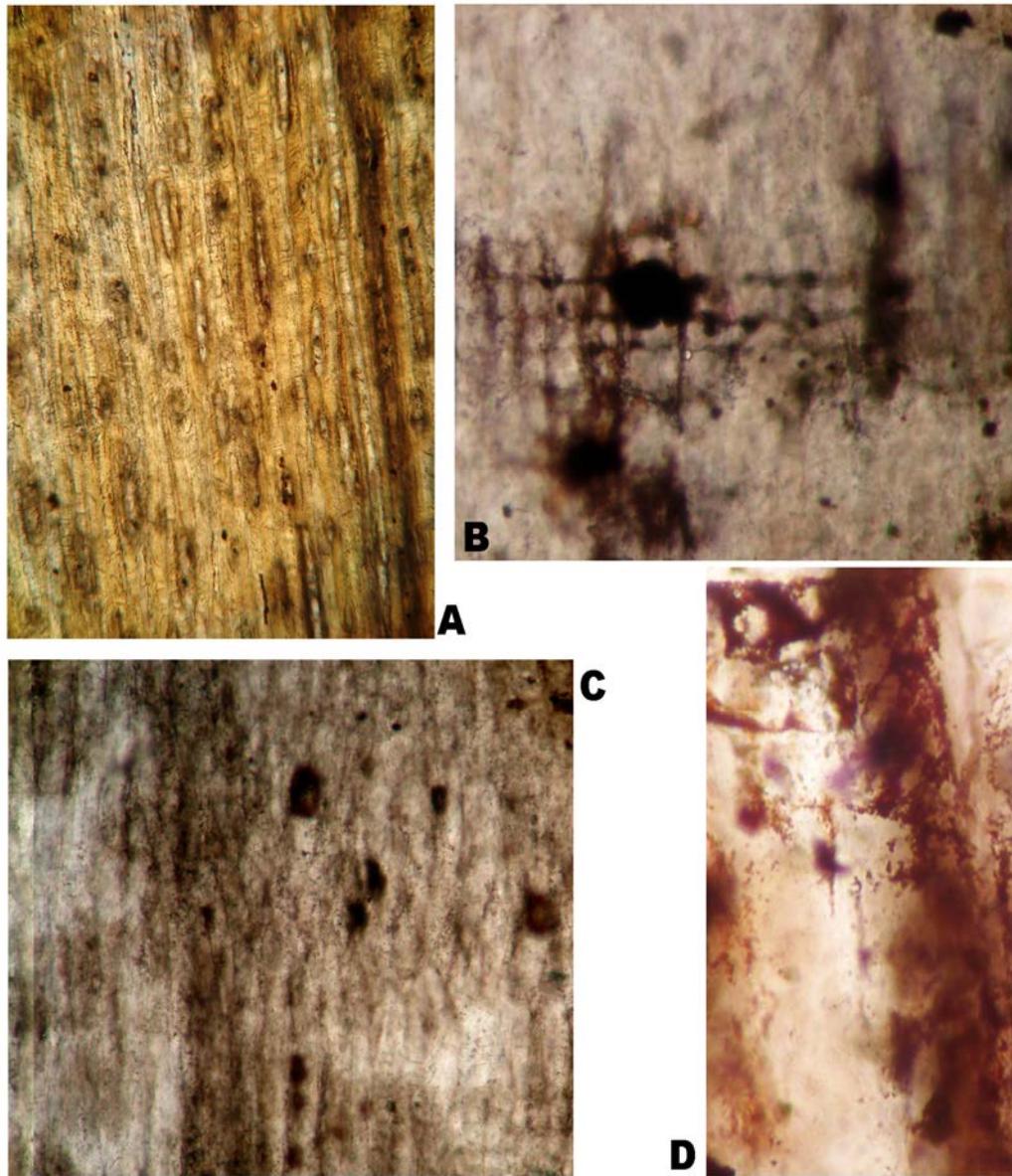


Figura 7. Lâminas petrográficas do Afloramento Água Boa: A) Seção tangencial do lenho mostrando raios de alturas variadas, B) Seção radial mostrando campos de cruzamento, C) Seção radial mostrando curvamento dos traqueídeos; Afloramento Chiniquí: D) Seção radial mostrando espessamento espiralado dos traqueídeos e parte de campo de cruzamento (no alto, à esquerda da foto). Fotos da autora.

AFLORAMENTO		MEDIDAS MACROSCÓPICAS									
ÁGUA BOA	FRAGMENTOS				CICATRIZES						
	ALTURA (cm)	MENOR	18	DISTÂNCIA ENTRE (mm)	MENOR	2	DIÂMETRO (mm)	MENOR	2		
		MAIOR	51		MAIOR	51		MAIOR	18		
	DIÂMETRO (cm)	MENOR	12	DIÂMETRO (mm)	MENOR	2	DIÂMETRO (mm)	MENOR	2		
		MAIOR	44		MAIOR	18		MAIOR	18		
	CHINIQUEÁ	ALTURA (cm)	MENOR	4	DISTÂNCIA ENTRE (mm)	MENOR	5	DIÂMETRO (mm)	MENOR	4	
MAIOR			32	MAIOR		60	MAIOR		24		
DIÂMETRO (cm)		MENOR	5	DIÂMETRO (mm)	MENOR	4	DIÂMETRO (mm)	MENOR	4		
		MAIOR	30		MAIOR	24		MAIOR	24		
ÁGUA BOA		MEDIDAS MICROSCÓPICAS									
TRAQUEÍDEOS			RAIOS			PONTOAÇÕES			ESPESSAMENTOS		
DIÂMETRO (µm)	MENOR	16	ALTURA Células	MENOR	1	DIÂMETRO (µm)	MENOR	4	ÂNGULO	MENOR	41°
	MAIOR	40		MAIOR	12		MAIOR	28		MAIOR	59°
CHINIQUEÁ											
TRAQUEÍDEOS			RAIOS			PONTOAÇÕES			ESPESSAMENTOS		
DIÂMETRO (µm)	MENOR	16	ALTURA Células	MENOR	1	DIÂMETRO (µm)	MENOR	6	ÂNGULO	MENOR	31°
	MAIOR	48		MAIOR	14		MAIOR	32		MAIOR	40°

Quadro 1. Quadro comparativo com medidas macro e microscópicas dos dois afloramentos deste estudo.

4.3. Taxonomia e classificação

O estabelecimento de relações filogenéticas entre fitofósseis e grupos vegetais atuais é dificultado principalmente pelo caráter fragmentário das formas fósseis e a ausência, na maioria dos casos de vinculação orgânica entre órgãos vegetativos (caules, folhas, raízes) e órgãos férteis (gametófitos) no mesmo fragmento fóssil. Essa dificuldade fica particularmente evidente no caso de lenhos permineralizados. Como alternativa à possibilidade de estabelecer classificações baseadas na sistemática natural foi então estabelecido um sistema classificatório artificial, que se fundamenta em morfotaxa, ou seja, táxons que são definidos apenas por suas características morfológicas, as quais não são suficientes para incluir o táxon estudado na sistemática natural, em nível de família.

A classificação artificial mais moderna de lenhos fósseis mesozóicos é aquela de Bamford & Philippe (2001) e Philippe & Bamford (2008), que utiliza parâmetros relacionados ao tipo de pontuação da parede secundária dos traqueídeos como elemento fundamental na classificação dos diferentes morfotaxa. Segundo esses autores, dada a impossibilidade de estabelecer vinculações seguras entre padrões gimnospermiços mesozóicos e grupos atuais, deve-se evitar esse tipo de procedimento ao definir táxons genérico-específicos, pois podem ser geradas inferências equivocadas tanto de caráter taxonômico quanto paleofitogeográfico, paleoecológico e paleoclimático. Os mesmos autores ressaltam, todavia que em raros casos, determinadas estruturas ocorrentes nos lenhos são

definitivas no estabelecimento de relações. Dessa forma, segundo Philippe & Bamford (2008), somente dois morfotaxa expressam lenhos ginkgofíticos, i.e., *Baieroxylon* Greguss, 1961 e *Ginkgoxylon* Saporta emend. Süß, 2003 ex Philippe et Bamford (2008). *Baieroxylon* tem sido reportado no Permiano da Europa, América do Sul e Central, África, Sul, Meio e Oeste da Ásia (Chudajberdyev, 1971; Prasad, 1982; Vozenin-Serra *et al.*, 1991; Tidwell & Munzing, 1995; Crisafulli, 2003; Berthelin *et al.*, 2004) e no Mesozóico da Europa, Sul e Sudeste da Ásia e América do Sul (Serra, 1966a, b; Prasad & Lele, 1984; Pons & Vozenin-Serra, 1992; Philippe, 1995; Bamford & Philippe, 2001; Philippe *et al.*, 2004, 2006; Bardola *et al.*, 2009).

Numerosos esquemas de classificação para as ginkgófitas têm sido sugeridos (Florin, 1936; Tralau, 1968; Krassilov, 1972; Meyen, 1984, 1987; Archangelsky & Cúneo, 1990; Zhou, 1991, 1997, 2000; Del Fueyo & Archangelsky, 2001; Doweld, 2001; Anderson & Anderson, 2003; Naugolnykh, 2007). Meyen (1982) referiu Ginkgo como uma possível pteridosperma viva. Ele propôs uma classe denominada como Ginkgoopsida para acomodar, entre outras, certas pteridospermas mesozóicas (Peltaspermales, Umkomasiaceae) e ginkgoales (Meyen, 1984, 1987). Thomas e Spicer (1987) também consideraram a origem das Ginkgoales relacionada às pteridospermas paleozóicas. Anderson e Anderson (2003) acrescentaram duas novas ordens, Matatiellales e Hamshawviales, às Ginkgoopsidas baseados em rico material do Triássico Superior da Formação Molteno. Neste trabalho adotou-se a sistemática de Meyen (1987) para especificar os lenhos estudados em ambos os afloramentos.

Pinophyta (Gymnospermae)

Ginkgoopsida

Ginkgoales

Baieroxylon Greguss, 1961

Baieroxylon cicatricum Prasad & Lele, 1984

4.4. Perfis estratigráficos de superfície

Foram levantados perfis estratigráficos em cinco pontos do afloramento Chiniquá (Figura 8), com a intenção de testar a eficácia do método eletromagnético para reconhecer os fósseis nos perfis de subsuperfície posteriormente. As fácies descritas foram classificadas de acordo com Miall, 1996 (Quadro 2).

Código da Fácies	Fácies	Estruturas Sedimentares	Interpretação	Ocorrência
St	Areia, fina a muito grossa, pode ser conglomerática.	Estratificação cruzada acanalada.	Migração de dunas 3D (“mega-ripples”).	Leques aluviais, fluviais entrelaçado ou meandrante.
Sp	Areia, fina a muito grossa, pode ser conglomerática.	Estratificação cruzada planar.	Migração de dunas 2D (barras com crista reta).	Fluviais entrelaçado ou meandrante.
Ss	Areia, fina a muito grossa, pode ser conglomerática.	Superfície erosiva na base.	Preenchimento de amplos canais rasos e escavações.	Leques aluviais, fluviais entrelaçado ou meandrante.
Sm	Areia fina a Grossa.	Maciço ou laminação inconspicua.	Depósito de fluxo de sedimentos gravitacionais.	Leques aluviais e fluvial entrelaçado.
Fl	Interestratificações de areia, silte e argila.	Laminação fina paralela, estratificação cruzada de pequeno porte.	Depósito de transbordamento; canal abandonado.	Fluvial meandrante.
Fsm	Silte, argila.	Maciço.	Canal abandonado.	Fluvial meandrante.
P	Paleossolo	Feições pedogênicas.	Solo com precipitação química.	Fluviais entrelaçado ou meandrante.

Quadro 2. Classificação das fácies ocorrentes neste estudo, adaptado e modificado de Miall, 1996.



Figura 8. Pontos do afloramento Chiquá onde foram elaborados perfis de superfície. Modificado de www.googleearth.com.

PONTO 1

Coordenadas: S 29° 39,731'

W 54° 24,323'

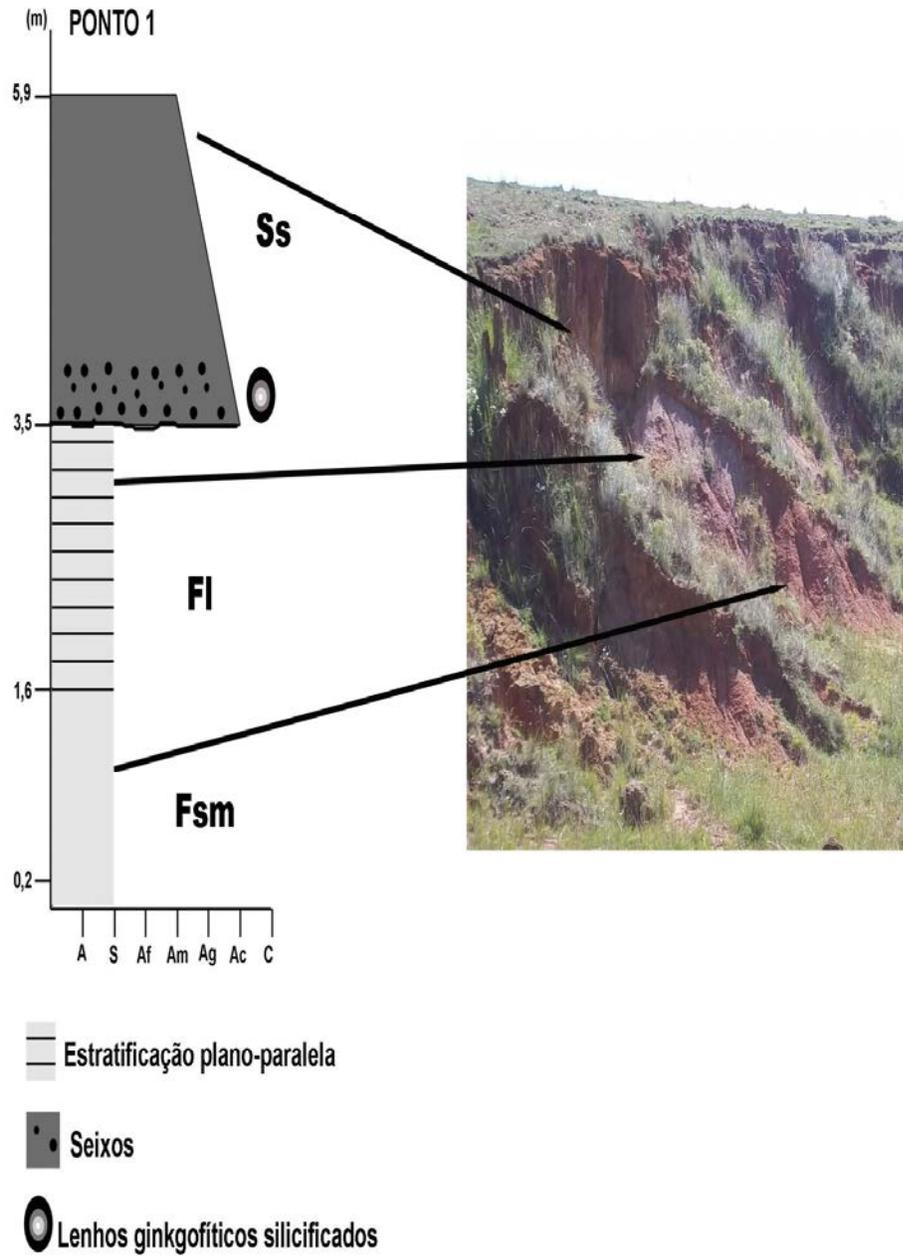


Figura 9. Perfil estratigráfico do ponto 1 do afloramento Chiniquá. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.

Fácies Fsm = Pacote de 160 cm de espessura total de siltito vermelho terracota sem estratificação.

Fácies Fl = Pacote de 190 cm de espessura total de siltito arroxeadado, descolorido, muitas vezes, por infiltração proveniente de intemperismo, com estratificação plano-paralela inconspícuas, mas abrindo o sedimento percebem-se lâminas de 5 mm no máximo sobrepostas.

Fácies Ss = Pacote Cenozóico de solo amalgamado com 2,4m de espessura de arenito conglomerático maciço suportado por matriz arenosa de granulometria média com granodecrescência ascendente dos seixos e cor de alteração da matriz laranja-amarelado. Os seixos variam de 1 mm até 8 cm de diâmetro máximo, muitos deles estão facetados, porém com as pontas arredondadas e são todos compostos de quartzo com predominância de calcedônia. Seixos dispersos na matriz. Há fragmentos (altura variando de 8 a 21 cm e diâmetro de 5 a 15 cm) de lenhos de ginkgófitas na base deste pacote (Figura 10) que foram retrabalhados de prováveis camadas triássicas.



Figura 10. À esquerda: setas pretas indicam lenhos dentro do pacote arenítico; à direita: arenito conglomerático que envolve os fósseis.

PONTO 2

Coordenadas : S 29°39,761'

W 54°24,372'

Ponto paralelo ao ponto 1 distante 150m entre seus respectivos topos.

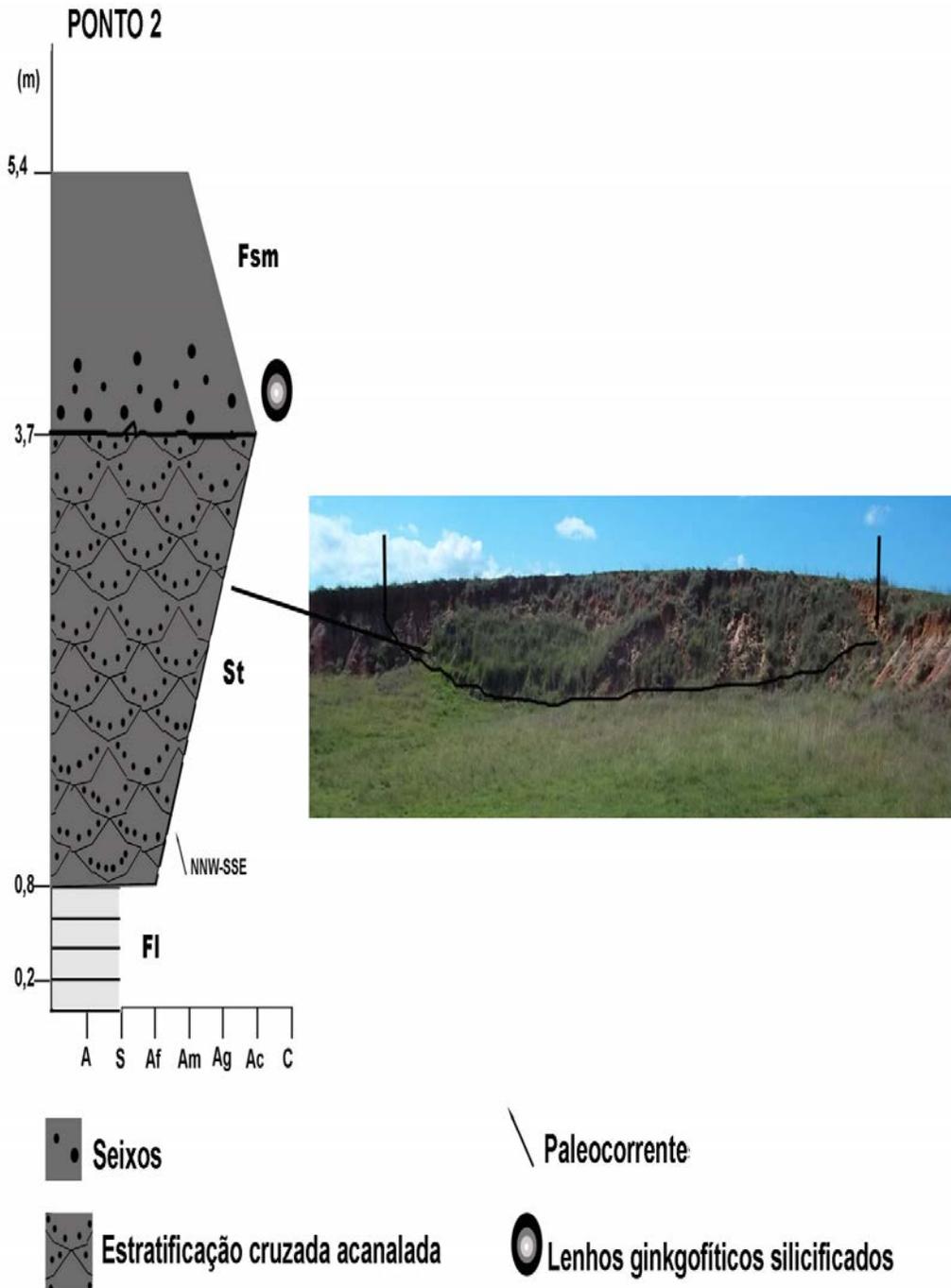


Figura 11. Perfil estratigráfico do ponto 2 do afloramento Chiniquá. Foto mostrando extensão lateral do canal. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.

Fácies St = Canal fluvial Cenozóico de 2,90m de espessura maior e 35m de extensão lateral total, com direção NNW-SSE, caindo para SSE. Sotoposta a ele está uma camada de 80cm de espessura aparente (entra no solo) da Fácies Fl do ponto 1 e sobreposta a ele está uma camada de 1,70m de espessura da Fácies Fsm do ponto 1 com fragmentos de lenho na base desta. Este canal fluvial é composto de arenito fino a grosso de coloração rosa claro com granocrescência ascendente do pacote e estratificação cruzada acanalada (Figura 12).



Figura 12. Estratificação cruzada acanalada do canal fluvial do ponto 2 de Chiniquá.

PONTO 3

Coordenadas : S 29°39,787'

W 54°24,443'

A 125m a oeste do ponto 2 está o ponto 3.

PONTO 3

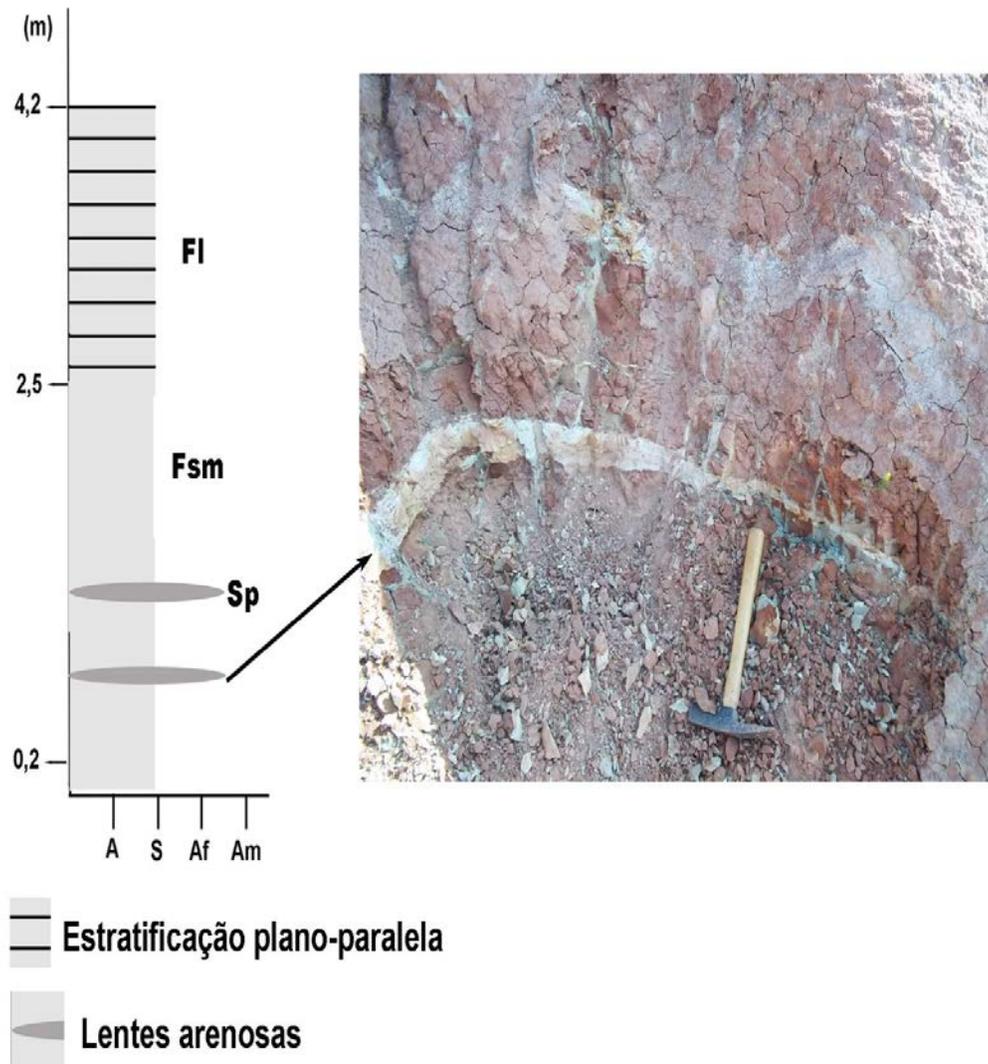


Figura 13. Perfil estratigráfico do ponto 3 do afloramento Chiniquá. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.

Lentes de areia inclusas na Fácies Fl, de granulometria média em tom amarelo com estratificação cruzada planar (Figura 14), com espessura máxima de 10 cm e aproximadamente 3m de extensão contínua aparente (o restante pode estar encoberto, pois o terreno está basculado).



Figura 14. Estratificação cruzada planar em lente de areia.

PONTO 4

Coordenadas : S 29°39,767'

W 54°24,481'

A 70m a leste do ponto 3.

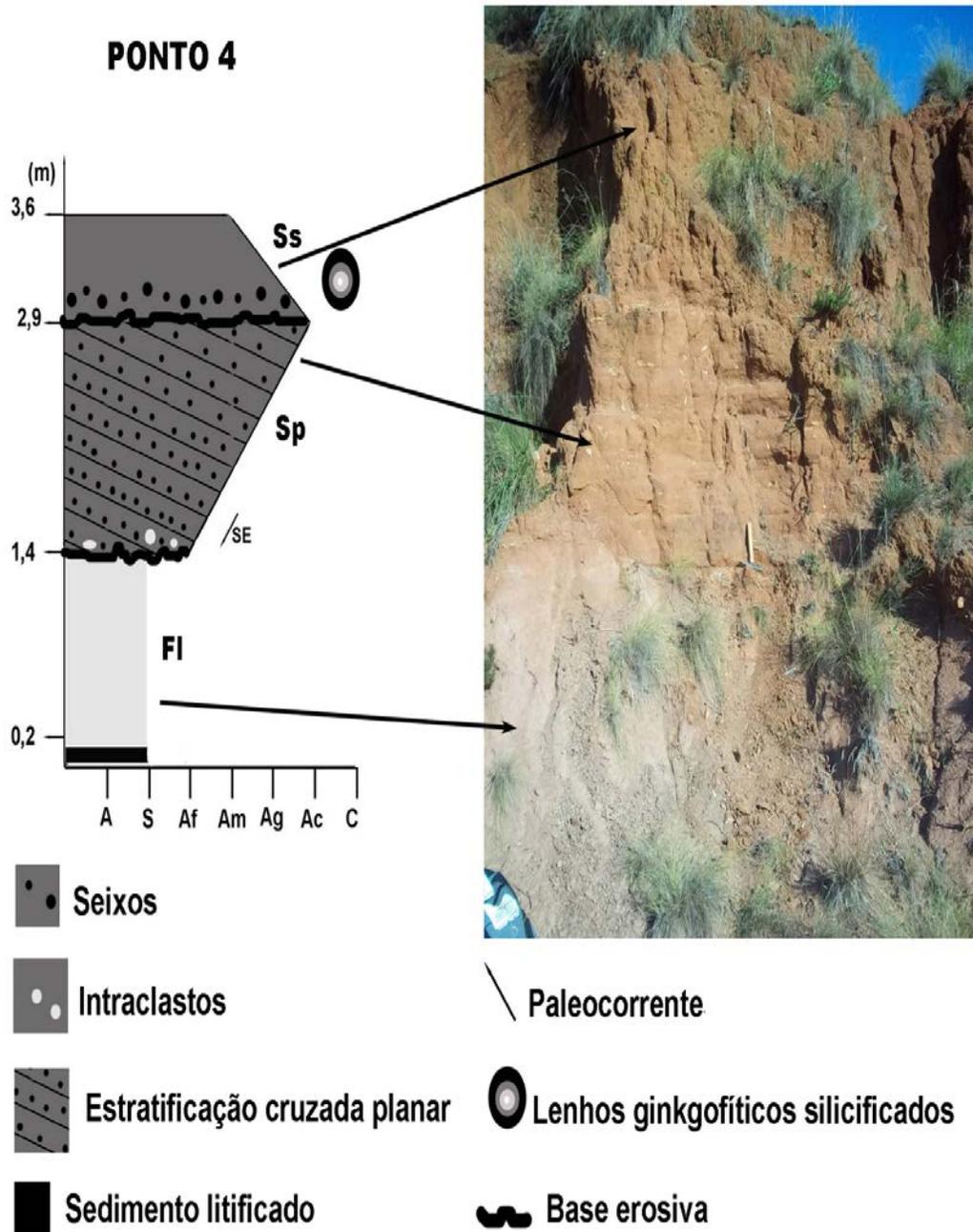


Figura 15. Perfil estratigráfico do ponto 4 do afloramento Chiniquá. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.

Fácies Sp = Pacote de 150 cm de espessura de arenito conglomerático amarelo-alaranjado com estratificação cruzada planar, suportado por matriz arenosa de granulometria fina a média com granocrescência ascendente e intraclastos da Fácies Fl de tamanhos milimétricos até 5 cm de diâmetro em sua base, além de seixos quartzosos milimétricos até 3 cm de diâmetro máximo (Figura 16). Contatos erosivos com camada de espessura de 80 cm da Fácies Fl que está sotoposta e com camada de 130 cm da Fácies Ss que está sobreposta e que contém fragmentos de lenhos ginkgofíticos.

Em um ponto a 100m a oeste do Ponto 4, sotoposto a uma camada de 60 cm de espessura da Fácies Fsm, há níveis carbonáticos de 5 cm de espessura em média distribuído lateralmente em todo o afloramento, neste perfil e em outros pontos de Chiniquá, podendo representar um paleossolo.



Figura 16. Seixos e intraclastos da fácies Fl na fácies Sp com estratificação cruzada planar.

PONTO 5

Coordenadas : S 29°39,736'

W 54°24,496'

Ponto conhecido também como afloramento Sanga da Árvore.

PONTO 5

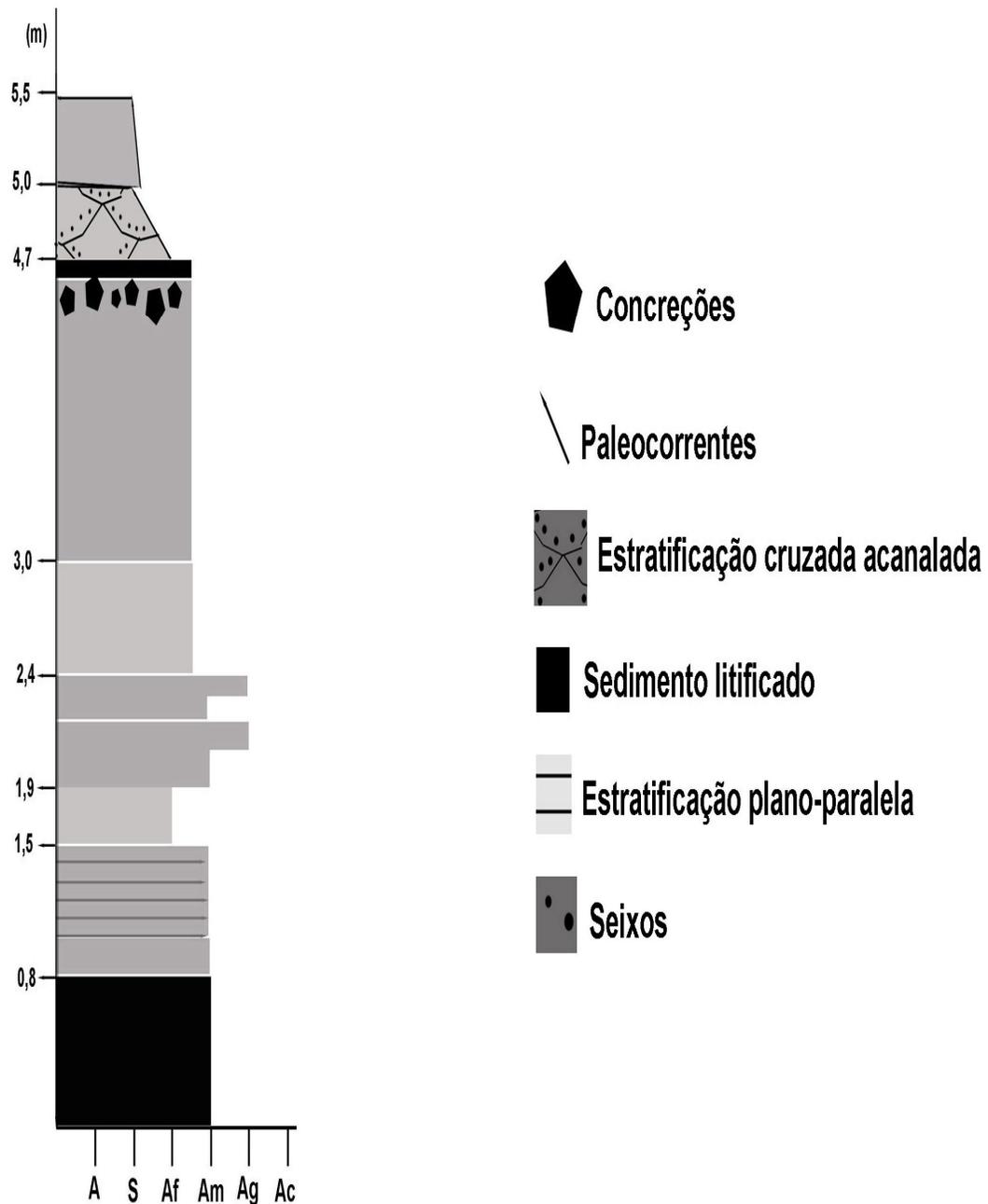


Figura 17. Perfil estratigráfico do ponto 5 do afloramento Chiniquá. A = argila, S = silte, Af = areia fina, Am = areia média, Ag = areia grossa, Ac = areia conglomerática e C = conglomerado.

Fácies Ss = Pacote de 50 cm de espessura total, com base erosiva, de arenito fino conglomerático maciço de tom vinho tinto (Figura 18) com grãos (seixos) não maiores que 1 mm e granodecrescência ascendente.



Figura 18. Fácies Ss.

Fácies Fl = Pacote de 30 cm de espessura total de arenito fino a silte, granodecrescência ascendente, com estratificação cruzada acanalada de tom rosa esbranquiçado. Sobreposto à fácies Ss (Figura 19).



Figura 19. Fácies Fl mostrando estratificação cruzada acanalada (martelo está no meio de um acanalamento).

Fácies Sm = Pacote de 150 cm de espessura total de arenito fino a médio maciço e de tom rosa alaranjado com superfície erosiva na base. Concreções de aproximadamente 20 cm de diâmetro em média estão sobrepostas a esta camada (Figura 20).



Figura 20. Fácies Sm com concreções sobrepostas a ela.

Novo pacote da Fácies Sm = Pacote de 60 cm de espessura total de arenito fino a médio maciço de tom rosa antigo com concreções (Figura 21).



Figura 21. Fácies Sm.

Fácies Sh = Pacote de 65 cm de espessura total de interestratificações de arenito médio maciço de tom amarelo (20 cm e 10 cm de espessura) e arenito fino de tom rosado (15 cm e 10 cm de espessura). Laminação horizontal (Figura 22).



Figura 22. Fácies Sh.

Fácies Sm = Pacote de 60 cm de espessura total de arenito fino maciço de tom rosa/lilás claro.
Fácies Sh = Pacote de 70 cm de espessura total de arenito médio rosado claro, onde os primeiros 20 cm são maciços e o restante apresenta estratificação plano-paralela (Figura 23).



Figura 23. Fácies Sh.

Fácies Sm = Pacote de 80 cm de espessura total de arenito médio maciço e litificado de tom rosa esbranquiçado.

4.5. Perfil de subsuperfície

Devido ao curto período de tempo disponibilizado para este segundo campo, os esforços foram concentrados na região de Chiniquá, pois esta é bem conhecida a partir dos muitos estudos paleontológicos já efetuados nessa área. Por outro lado, ocorreram dificuldades para agenda de datas para o trabalho de campo, pois seria necessário coincidir a disponibilização de carros da universidade com a disponibilidade dos professores responsáveis. Essas dificuldades foram amenizadas somente com a realização dessa etapa utilizando apenas uma viatura com um dos professores responsáveis a conduzindo, mas com espaço muito reduzido para o carregamento de todos os equipamentos que seriam necessários para um teste completo.

Foi utilizada uma antena de 150 MHz de frequência, através da qual foram obtidos perfis com até 20 metros de profundidade. Os testes, de maneira geral, foram considerados positivos, mas puderam ser observados nos perfis apenas o contraste entre as litologias (neste caso basicamente diferenças entre camadas de areia e de silte) permitindo identificar e relacionar as camadas de subsuperfície com as ocorrentes em superfície em todos os locais onde a antena foi utilizada. Nesse afloramento confirmou-se a litologia já reconhecida através dos perfis estratigráficos levantados na primeira saída de campo, porém o nível fitofossilífero que ocorre em superfície não foi localizado em subsuperfície. Essa evidência foi fundamental, pois a partir dela ficou evidenciada a impossibilidade de estabelecer correlações litológicas entre os dois afloramentos escolhidos inicialmente para este estudo.

Já no afloramento Piscina (coordenadas 29°22'36" S e 54°57'40" O) localizado na mesma região e estudado por Bolzon (1993), porém em pacote estratigráfico soerguido por falhas (Figura 24) incluído por Zerfass et al (2003) na Sequência Santa Maria 3.

No afloramento Piscina aflora o pacote que contém grandes lenhos (Figura 25) o qual segue preservado em subsuperfície, o que facilitou a localização da lignoflora. Guerra-Sommer e Scherer (2002) referem para a associação de lenhos fósseis uma afinidade relacionada a coníferas. Neste sítio os resultados foram positivos, pois os lenhos silicificados de subsuperfície aparecem na imagem do equipamento, mesmo sem o tratamento digital normalmente necessário, como formas alongadas encapsuladas pelo sedimento do entorno. Após o refinamento da imagem (Figura 26), efetuado pelo Prof. Eduardo Barboza, mesmo considerando o curto espaço de tempo para demonstração dos resultados, fica claramente evidenciável a presença dos lenhos nessas camadas areníticas.



Figura 24. Setas pretas indicam a movimentação dos pacotes causada por falhas. Seta branca mostra nível que contém seixos silicosos e fragmentos de lenhos sobrepostos por solo.



Figura 25. Teste com equipamento no afloramento Piscina em ponto que se vê apenas uma extremidade de lenho fóssil inserido dentro da camada arenítica.

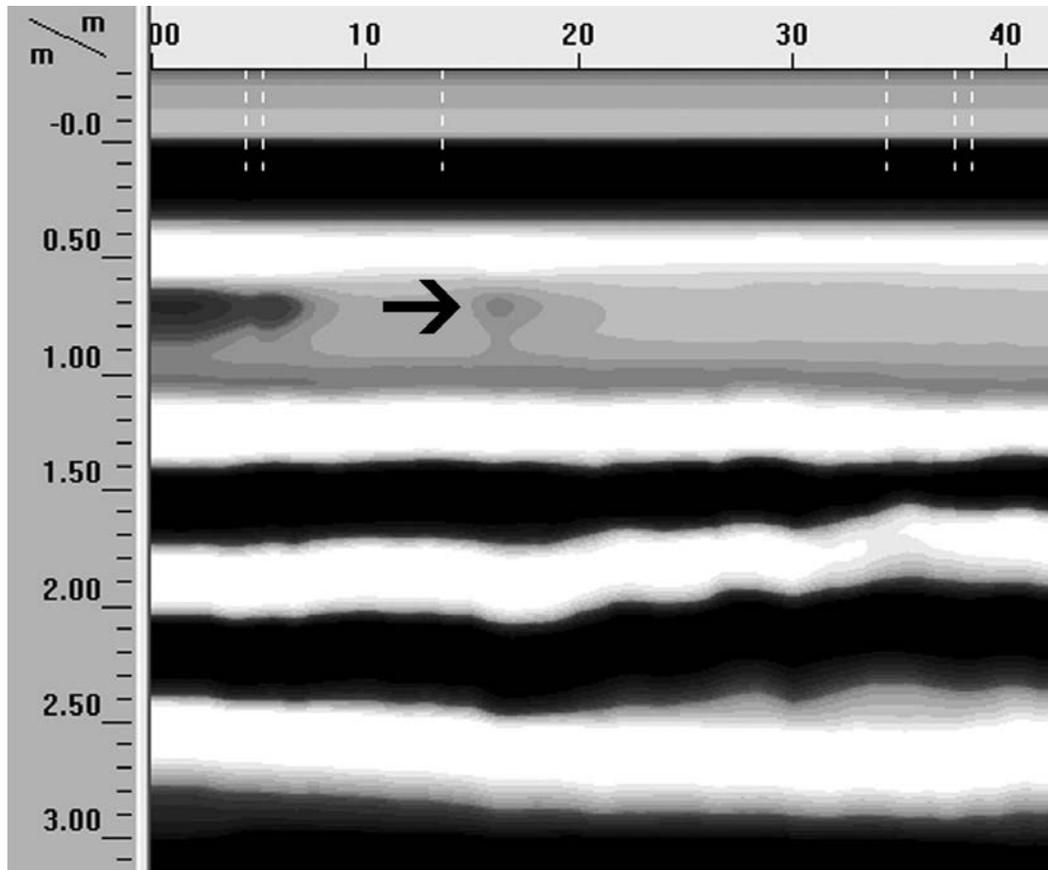


Figura 26. Imagem digital adquirida através do GPR. Seta preta indica a presença de lenho silicificado.

5. Discussão

Os dados obtidos no presente estudo, que visaram testar a possibilidade de correlação estratigráfica entre afloramentos lignoflorísticos relativamente próximos (Afloramento Chiniquá e Afloramento Água Boa), associados, por suas características faciológicas, a um grande ambiente fluvial, viabilizaram alguns resultados que serão aqui discutidos.

As análises paleobotânicas permitiram definir dois tipos de associações lignoflorísticas gimnospérmicas: uma associação monotípica, monoespecífica, composta por lenhos ginkgofíticos, ocorrente no afloramento Chiniquá, e outra heterotípica, composta minoritariamente por lenhos com afinidade a ginkgos e majoritariamente composta por lenhos afins a coníferas, não identificados, presente em Água Boa. A possibilidade de trabalhar com ampla amostragem em ambos os afloramentos demonstrou que além da identificação taxonômica específica, dados estatísticos de um espaço amostral maior são significativos quando se pretende obter correlações de natureza paleoecológica, paleoclimática e estratigráfica.

Comparações entre as cicatrizes externas dos lenhos ginkgofíticos dos dois afloramentos demonstram que essas são pouco menores em Água Boa do que em Chiniquá, assim como o espaço entre os traços foliares é menor (Quadro 1). Essa característica pode remeter à presença de caules/ramos de plantas menos maduras em Água Boa, procedentes de numa porção mais proximal do “habitat” original, portanto com feições externas distintas, mais bem preservadas e representando formas mais jovens do que as ocorrentes em Chiniquá que poderiam representar formas mais maduras. A grande similaridade anatômica definida entre as formas ginkgofíticas encontradas em Chiniquá e Água Boa permite afirmar a identidade taxonômica, vinculada estreitamente ao mesmo táxon genérico-específico. Essa constatação poderia levar a um hipótese de contemporaneidade. As características do grande ambiente caracterizado para a deposição da Supersequência Santa Maria (Zerfass *et al.*, 2003), que envolve seqüências caracterizadas pela presença de faciologias relacionadas a canais fluviais meandantes e entrelaçados, depósitos de transbordamento, de planície de inundação, e depósitos lacustrinos rasos transgressivos permitem o estabelecimento de inferências a respeito da vigência de diferentes condições paleoecológicas que delimitariam nichos distintos dentro desse amplo paleoambiente. Por outro lado, se fossem considerados estritamente os dados de natureza paleobotânica, hipóteses relacionadas a processos de paleossucessão vegetal durante a evolução temporal de um grande ambiente fluvial, no qual condições de aridez se instalaram progressivamente ao longo da deposição da Supersequência Santa Maria (*sensu* Zerfass *et al.*, 2003) também poderiam ser aceitas.

Todavia, as análises litoestratigráficas demonstraram que a camada que originalmente conteria os fragmentos de ginkgófitas no afloramento Chiniquá não se preservou, fato este que impede correlações entre os pacotes de rocha que contem os lenhos lenhosos em ambos os afloramentos inviabilizando a comprovação das hipóteses acima estabelecidas. Os resultados obtidos até o presente não permitem, portanto, o estabelecimento de relações estratigráficas (conforme o proposto inicialmente) entre os dois afloramentos que contêm associações expressivas de lenhos fósseis, respectivamente Chiniquá e Água Boa.

Mais ainda, os lignofósseis incluídos no pacote sedimentar de Água Boa por seu caráter heterotípico, onde se associam formas com folhas deiscetes (ginkgófitas) e folhas perenes (coníferas) sugerem um mosaico dos dois tipos de vegetação. Esse tipo de associação tem sido vinculado a limites de zonas paleoclimáticas. Essa inferência parece ser válida quando se observa a posição do sul da bacia do Paraná no Triássico (Figura 27) onde as condições regionais produziram provavelmente microclimas com características mistas áridas, semiáridas ou temperadas. Por outro lado essas informações de caráter paleobotânico corroboram os dados de Zerfass *et al.* (2003) que indicam uma crescente aridização climática em direção ao topo do Triássico.

Os dados do presente estudo também ratificam os resultados de Horn (2010) que estudando concreções do Triássico do Rio Grande do Sul, também encontradas nos afloramentos deste estudo, concluiu que estas se formaram devido às grandes variações no nível freático. Além disso, no caso de crostas, que é a ocorrência mais abundante em Chiniquá, ele relata que estas são formadas em condições pedogênicas, representando assim, possíveis paleossolos, e as silicificações encontradas são atribuídas aos momentos nos quais o nível freático se estabilizava nos níveis já concrecionados, e devido à interação com a calcita, a água se tornava suficientemente alcalina para dissolver a sílica dos grãos detríticos. Quando as condições mudavam novamente, a sílica precipitava. O autor considerou ainda que devido as grandes taxas de evaporação do sistema semi-árido a árido proposto para a Formação Santa Maria, é provável que a maior fonte de carbonatos seja a água subterrânea, porém considerando ainda a grande quantidade de contramoldes de raízes encontrado em seu estudo, é provável que a contribuição da evapotranspiração das plantas fretófitas (suas raízes chegam até o nível freático) tenha sido importante. No caso do afloramento Água Boa onde ocorrem concreções nodulares, Da Rosa & Faccini (2005) atribuiu às origens de carbonatações às variações no nível freático e a eodiagênese. Em Chiniquá notou-se que os fragmentos silicificados estão sempre junto a um nível de seixos silicosos (pontos 1, 2 e 4 dos perfis de superfície), ambos sotopostos a camada de solo atual. Provavelmente o sedimento que

envolvia os lignofósseis foi erodido por ser mais leve deixando os lenhos, que são bem mais densos e difíceis de serem carregados, formando um tipo de “superfície de deflação lignoflorística” que foi sobreposta por solo mais jovem.

Os testes com metodologia inédita, usando o GPR, para controle estratigráfico, em subsuperfície, de corpos sedimentares caracterizados pela presença de lenhos fósseis silicificados revelaram resultados distintos em diferentes afloramentos. Enquanto que no afloramento Chiniquá a aplicação da técnica permitiu apenas a identificação de contraste entre litologias, não sendo identificados os lenhos, no afloramento Piscina, muito próximo a Chiniquá a resolução foi positiva, permitindo a identificação dos lenhos como formas alongadas encapsuladas no sedimento de entorno.

O refinamento da técnica não foi possível devido à exigüidade de tempo e falta de espaço de acomodação para o equipamento completo. A confirmação dessa feição de encapsulamento observada através do GPR deverá ser efetuada através de um furo com trado até atingir a profundidade de ocorrência, que é de 2m aproximadamente. Essa etapa, a ser realizada futuramente, todavia requer trabalho de campo adicional e disponibilização de viatura com espaço adequado para o transporte dos equipamentos necessários.

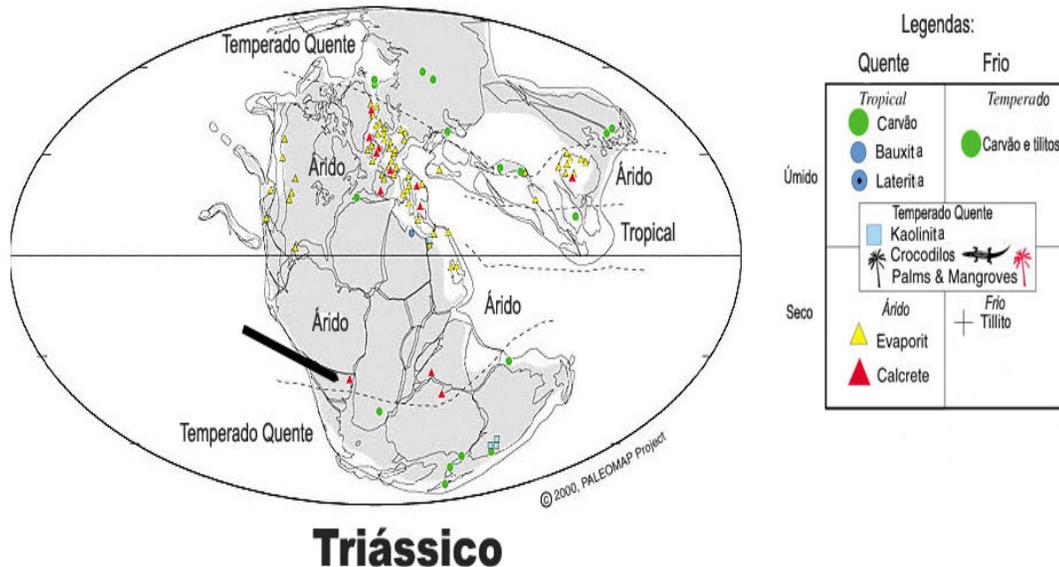


Figura 27. Limites entre as zonas paleoclimáticas para o período Triássico. Seta preta indica localização da região deste estudo. Modificado de Scotese (2003).

6. Conclusão

As diferentes análises de caráter paleontológico, litoestratigráfico e eletromagnético (com o uso de GPR) estabelecidas no presente caso de estudo com o objetivo de testar a possibilidade de correlação estratigráfica de afloramentos Triássicos caracterizados pela abundância de lenhos silicificados, Afloramento Chiniquá e Afloramento Água Boa permitiram as seguintes conclusões:

a) A espécie *Baieroxylon cicatricum* Prasad & Lele (1984) compõem exclusivamente a lignoflora de chiniquá, que é, portanto, monotípica e monoespecífica. Essa espécie também ocorre em Água Boa como elemento secundário em uma associação heterotípica dominada por coníferas.

b) As análises litoestratigráficas da camada que originalmente conteria os fragmentos de ginkgófitas no afloramento Chiniquá não foram possíveis, pois esta não se preservou, fato este que impede correlações entre os pacotes de rocha que contêm os lenhos lenhosos em ambos os afloramentos.

c) Apesar da ocorrência comum da mesma espécie em ambos os afloramentos não é possível, portanto, estabelecer uma hipótese de contemporaneidade dado o fato que não foi identificada a camada de ocorrência dos lenhos de Chiniquá, que ocorrem rolados em todo o afloramento.

d) A associação mista (heterotípica) de Água Boa, onde se associam formas típicas de clima temperado (ginkgófitas) com forma de climas mais áridos (coníferas) coaduna-se com os diferentes paleomapas definidos para o intervalo triássico que posicionam a área em estudo em zonas limítrofes entre diferentes zonas paleoclimáticas (árido e temperado quente).

d) As análises paleobotânicas estabelecidas no presente estudo revelaram que a obtenção de resultados que permitam caracterizar estatisticamente diferentes padrões anatômicos dentro de distintas associações é fundamental no estabelecimento de possíveis relações paleoecológicas, paleoclimáticas e estratigráficas.

e) Os testes com o GPR, para controle estratigráfico, em subsuperfície, de corpos sedimentares caracterizados pela presença de lenhos fósseis silicificados revelaram resultados distintos em diferentes afloramentos. No afloramento Chiniquá a aplicação da técnica permitiu apenas a identificação de contraste entre litologias, não sendo identificados os lenhos.

f) Em tentativa de viabilizar aplicação da técnica do GPR, no intuito de identificar lenhos silicificados, foi selecionado novo afloramento, conhecido como Piscina, próximo a Chiniquá, onde a resolução foi positiva, permitindo a visualização dos lignofósseis como formas alongadas encapsuladas dentro do sedimento da camada que os contém.

g) A obtenção de resultados positivos na aplicação da técnica de GPR na análise de seqüências sedimentares portadoras de fósseis constituirá importante ferramenta na solução de problemas estratigráficos que ainda permanecem no Triássico sul-brasileiro. Dentro de uma perspectiva social, o desenvolvimento dessa metodologia, que integra análises paleobotânicas e eletromagnéticas, auxiliará em muito na delimitação de reservas de Patrimônio Científico (no caso, as florestas petrificadas).

7. Perspectivas futuras

Como perspectiva de trabalho futuro está elaborar um novo perfil de subsuperfície na região do afloramento Água Boa, e tentar correlacioná-lo com o afloramento Piscina, já que Chiniquá não tem nível de lenhos em subsuperfície, apenas rolados no terreno, e tentar novamente responder as questões levantadas inicialmente neste trabalho que são: (ii) Seriam as associações de Água Boa e, a partir de agora, do afloramento Piscina contemporâneas, porém composicionalmente distintas, já que neste segundo não ocorrem ginkgófitas? (iii) Dentro dessa hipótese de contemporaneidade, representariam essas duas associações variações dentro de um grande ambiente fluvial, sendo a associação de Piscina adaptada a um ambiente hídrico mais restrito (pois ocorrem apenas coníferas), enquanto que a associação de Água Boa representaria paleoambiente em que vigorariam condições hídricas mais amenas? (iv) Corresponderiam essas associações a tafofloras com algumas semelhanças composicionais (coníferas em ambos os afloramentos), mas representativas de distintos horizontes estratigráficos?

Referências

- Anderson, J.M. & Anderson, H.M. 2003. Heyday of the gymnosperms: systematics and biodiversity of the Late Triassic Molteno fructifications. *Strelitzia* 15: 1–398.
- Andreis, R.R.; Bossi, G.E.; Montardo, D.K. 1980. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul, Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Balneário Camboriú-SC, 1980, n.2, p.659-673.
- Archangelsky, S. & Cúneo, R. 1990. Polyspermophyllum, a new Permian gymnosperm from Argentina, with consideration about the Dicranophyllales. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 63:117–135.
- Ave-Lallemant, R. 1880. *Viagem pela Província do Rio Grande do Sul (1858)*. São Paulo : Itatiaia –EDUSP, 417p.
- Bamford, M.K. & Philippe, M. 2001. Jurassic-Early Cretaceous Gondwanan homoxyloous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomic notes. *Review of Paleobotany and Palynology*, 113: 287–297.
- Barberena, M.C. 1977. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. *Pesquisas*, 7:111-129, Porto Alegre.
- Bardola, T.P.; Degani-Schmidt, I.; Guerra-Sommer, M. ; Schultz, C.L. 2009. Lenhos de Ginkgophyta em florestas petrificadas no Triássico Superior sul-rio-grandense, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 12(2): 139-148.
- Berthelin, M., Vozenin-Serra, C., Broutin, J. 2004. Phytogeographic and climatic implications of Permian woods discovered in Oman (Arabian Peninsula). *Palaeontographica B*, 268: 93–112.
- Beurlen, K.; Sena Sobrinho, M.; Martins, E.A. 1955. Formações gondwânicas do Rio Grande do Sul. *Boletim do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, v.22, p.1-125.
- Bolzon, R.T. 1993. *A lignitaflofa mesozóica do Rio Grande do Sul (Brasil): métodos de estudo e considerações sobre tafonomia, paleoecologia e paleoclimatologia*. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 142p.
- Bolzon, R.T. & Guerra-Sommer, M. 1994. Considerações sobre a tafonomia da lignitaflofa mesozóica do Rio Grande do Sul. *Acta Geológica Leopoldensia*, 17(39): 93-107.
- Bolzon, R.T. & Machado, L.G. 2002. Lignitaflofa mesozóica da região de São Pedro do Sul e Faxinal do Soturno: estimativa da preservação celular. *Paleontologia em Destaque*, 40:19-20.
- Bolzon, R.T.; Silvério da Silva, J.L.; Machado, L.G. 2004. Fossildiagênese de lenhos do Mesozóico do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7(2): 103-110.

- Bortolluzzi, C.A. 1974. Contribuição à geologia da Região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, (1) n.4: 7-86.
- Chudajberdyev, R. 1971. The woody fóssil Ginkgoales. *In*: Sixtel, T.A., Kuzichkina, Y.M., Savitskaya, L.I., Chudajberdyev, R., Shetsova, E.M. (Eds.), *History of Development of Ginkgoales in Middle Asia*, vol.2. Palaeobotany, Uzbekistan, pp.98–104 (in Russian).
- Crisafulli, A.M. 2003. Nuevos registros para la xilotaoflora de la Formación Yaguarí, Pérmico Superior de Uruguay. *Rev.Mus.Argentino Cienc.Nat.*, 5 (2): 169–180.
- Da Rosa, A.A.S. & Faccini, U.F. 2005. Delimitação de blocos estruturais de diferentes escalas em sequências mesozóicas do Estado do Rio Grande do Sul: implicações bioestratigráficas. *GAEA* 1(1): 16-23.
- Del Fueyo, G.M. & Archangelsky, S. 2001. New studies on *Karkenía incurva* Archang from the Early Cretaceous of Argentina. Evolution of the seed cone in Ginkgoales. *Palaeontographica B*, 256: 111–121.
- Doweld, A.B. 2001. *Prosyllabus Tracheophytorum. Tentamen Systematis Plantarum Vascularium (Tracheophyta)*. Geos, Moscow, 110pp.
- Emery, D. & Meyers, K.J. 1996. *Sequence Stratigraphy*. Blackwell, Oxford, 297pp.
- Esaú, K. 1974. *Anatomia das plantas com sementes*. Editora Edgar Blucher Ltda. 293pp.
- Faccini, U.F. 1989. *O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul. Uma análise sob o ponto de vista das sequências deposicionais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 133p.
- Fiúza da Rocha, J. & Scorza, E.P.; 1940. Estratigrafia do carvão em Santa Catarina. *Boletim da Divisão de Geologia Mineral*. Rio de Janeiro, n.104, p.1-162.
- Florin, R. 1936. Die fossilen Ginkgophyten von Franz-Joseph-Land nebst Erörterungen über vermeintliche Cordaitales mesozoischen. Alters I, II. *Palaeontographica B* 81: 71–173, 82: 1–72.
- Gammermann, N. 1973. Formação Rosário do Sul. *Pesquisas*, 1 (2): 5-35.
- Gordon Jr., M. 1947. *Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Notas Preliminares e Estudos. DGM/DNPM, Rio de Janeiro, n.38, 20p.
- Guerra-Sommer, M. & Gamermann, N. 1985. Mineralogia de troncos fósseis da região de São Pedro do Sul, Triássico, Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 7, Salvador, 1983. *Série Geologia*, Rio de Janeiro, DNPM, 27 (2) : 587-603.
- Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Bolzon, R.T.; Alves, L.S.R.; Iannuzzi, R. 2000. As floras triássicas do Rio Grande do Sul: Flora *Dicroidium* e Flora *Araucarioxylon*. *In*: HOLZ, Michel; DE ROS, Luiz Fernando (eds.) *Paleontologia do Rio Grande do Sul*, Editora da UFRGS, p.85-97.

- Guerra-Sommer, M. & Scherer, C.M.S. 2002. Sítios Paleobotânicos do Arenito Mata (Mata e São Pedro do Sul), RS: Uma das mais importantes “florestas petrificadas” do planeta. *In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M.L.C. (Edit.) 2002. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) - Brasília 2002; 554pp; ilustr. Vol.1: 03-10.*
- Guerra-Sommer, M. & Pires, E.F. 2010. Técnicas de preparação de material paleobotânico. *In: Carvalho, I.S. (Ed.). Paleontologia: conceitos e métodos. V1. p.431-436.*
- Herbest, R. & Lutz, A.I. 1988. *Rhexoxylon brasilienses* n.sp. (Corystopermaceae, Pteridospermales) from Upper Triassic, Caturrita Formation, Brazil, with comments on biology and environment. *Meded.Rijks.Geol.Dients.*, Maastricht, v.42, p.21-31.
- Horn, B.L. 2010. *Estudo da gênese dos calcretes da Formação Santa Maria, Triássico do RS.* Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Geociências, UFRGS. 79pp.
- Huene, F.V. & Stahlecker, R. 1931. Observações geológicas no Rio Grande do Sul. *Boletim do Instituto de Ciências Naturais da Universidade Federal de Santa Maria*, Santa Maria, n.3, p.3-99.
- Iannuzzi, R. & Vieira, C.E.L. 2005. *Paleobotânica.* Editora da Ufrgs. Porto Alegre, RS. 132pp.
- IAWA Committee. 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *International Association of Wood Anatomists Bulletin*, 25:3-70.
- Isabelle, A. 1883. *Viagem ao Rio Grande do Sul, 1833-1834.* 2ed. Porto Alegre : Martins Livreiro, 165p.
- Krassilov, V.A. 1972. *Mesozoic Flora from the Bureja River (Ginkgoales and Czekanowskiales).* Nauka, Moscow, 115pp.(in Russian).
- Kraus, G. 1870. Bois fossiles de coniferes. *In: SCHIMPER, W.P. (ed.). Traité de Paléontologie Végétale*, vol.2, J.B.Baillièrre et fills, Strasbourg, p.363-385.
- Lavina, E.L. & Scherer, C.M.S.; 1997. Arquitetura estratigráfica da sedimentação Neopermiana e Mesozóica na região oeste do estado do Rio Grande do Sul. Implicações na construção do arcabouço cronoestratigráfico da Bacia do Paraná. *In: SIMPÓSIO SOBRE A CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 3, Boletim de Resumos*, p.33-34.
- Li, H.L. 1956. A horticultural and botanical history of Ginkgo. *Bulletim Morris Arboretum*, 7: 3–12.
- Meyen, S.V. 1982. Ginkgo as a possible living pteridosperm. *In: Nautiyal, D.D.(Ed.), Studies on Living and Fossil Plants. D.D.Pant Commemoration Volume. Society of Plant Taxomists, Allahabad, India, pp.163–172.*
- 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*. Chapman & Hall, London/New York, 432pp.

Miall, A.D.1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Springer-Verlag Inc. Heidelberg, 582p.

Minello, L.F. 1994. *As florestas petrificadas da Região de São Pedro do Sul e Mata, RS: introdução ao estudo dos processos de fossilização e análise morfológica; legislação pertinente e análise do desenvolvimento da consciência preservacionista*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, 484 p.

Mitchum, R.M.; Vail, P.R.; Thompson, S. 1997. Seismic stratigraphy and global changes of sea-level, part 2: the depositional sequence as a unit for stratigraphic analysis. In: PAYTON, C.E. (ed.). Seismic stratigraphy application to hydrocarbon exploration. *AAPG Memoir*, n.26, p.53-62.

Moraes-Rego, L.F. 1930. A geologia do petróleo no Estado de São Paulo. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, Rio de Janeiro, v.46, p.1-105.

Naugolnykh, S.V. 2007. Foliar seed-bearing organs of Paleozoic and the early evolution of the Ginkgoales. *Paleontographica J* 41 (8): 815–859.

Philippe, M. 1995. Bois fossiles du Jurassique de Franche-Comté (nord-est de la France): systematique et biogeography. *Palaeontographica B*, 236 : 45–103.

Philippe, M. & Bamford, M. 2008. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 148: 184–207.

Philippe, M., Bamford, M., McLoughlin, S., Alves, L.S.R., Falcon-Lang, H.J., Gnaedinger, S., Ottoneg, E.G., Poleh, M., Rajanikanthi, A., Shoemaker, R.E., Torres, T., Zamuner, A. 2004. Biogeographic analysis of Jurassic-Early Cretaceous wood assemblages from Gondwana. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141 : 141–173.

Philippe, M., Barbacka, M., Gradinaru, E., Iamandei, E., Iamandei, S., Kázmér, M., Popa, M., Szakmány, G., Tchoumatchenco, P., Zatoń, M. 2006. Fossil wood and Mid-Eastern Europe terrestrial palaeobiogeography during the Jurassic-Early Cretaceous interval. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 142: 15–32.

Pires, E.F. ; Guerra-Sommer, M. 2004. *Sommerxylon spiralosus* from Upper Triassic in southernmost Parana Basin (Brazil): A new taxon with taxacean affinity. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76(3): 20–34.

Pires, E.F.; Guerra-Sommer, M.; Scherer, C.M.S. 2005. Late Triassic climate in southernmost Parana Basin (Brazil): evidence from dendrochronological data. *Journal of South American Earth Sciences*, 18: 213–221.

Pons, D. & Vozenin-Serra, C. 1992. Wood of Ginkgoales in the Cenomanian of Anjou, France. *Cour.Forschungsinst.Senckenberg* 147: 199–213.

- Prasad, M.N.V. 1982. An annotated synopsis of India Palaeozoic gymnospermous woods. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38: 119–156.
- Prasad, M.N.W. & Lele, K.M.; 1984. Triassic Ginkgoalean wood from South Rewa Gondwana, India. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 40:387-397.
- Rau, W. 1933. *Dadoxylon (Araucarioxylon) butiense* n.sp. – Uma contribuição ao desenvolvimento da estrutura das coníferas paleozóicas do Rio Grande do Sul. *Boletim da Sociedade de Engenharia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, n.12, p.521-529.
- Rau, W. 1934. *Cedroxylon canoaense*, una madera fósil nueva del Rio Grande del Sur. *Revista Sudamericana de Botánica*, 1(1/6):169-172.
- Rost, T.L. 1979. *Botany, a brief introduction to plant biology*. Springer-Verlag. 351p.
- Santos, E.L. & Moreira, J.L.P. 1987. *Projeto sítios paleontológicos do Estado do Rio Grande do Sul – Fase 1*. Porto Alegre, MME-DNPM – Seção de Geologia e Mineralogia, 15p.
- Scherer, C.M.S.; Faccini, U.F.; Lavina, E.L. 2000. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da bacia do Paraná. In: HOLZ, Michel; DE ROS, Luiz Fernando (eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*, Editora da UFRGS, p. 335-374.
- Scherer, C.M.S. & Holz, M.; 1995. Aspectos climáticos do Triássico Superior: uma visão global. *Comunicações Museu Ciências e Tecnologia UBEA/PUCRS*. Série Científica, Porto Alegre, n.1, p.1-116.
- Schultz, C.L.; Scherer, C.M.S.; Barberena, M.C.; 2000. Biostratigraphy of southern Brazilian Middle–Upper Triassic. *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (3), 495–498.
- Scotese, C. 2003. Paleomap project. In : www.scotese.com.
- Serra, C. 1966a. Etude anatomique et paléogéographique de quelques espèces homoxylées du Sud-Vietnamet du Cambodge. *Arch.Géol.Viêt-Nam*, 8 : 59–131.
- Serra, C. 1966b. Nouvelle contribution à l'étude paléoxylologique du Cambodge, du Laos et du Viet-nam. *Arch.Géol.Viêt-Nam*, 9 : 17–40.
- Silva, A.B. 2009. *Mapeamento e Caracterização dos Depósitos em Subsuperfície do Setor Meridional da Planície Costeira Sul de Santa Catarina*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Geologia. 66p.
- Silvério da Silva, J.S. 1997. *Estudo dos processos de silicificação e calcificação em rochas sedimentares mesozóicas do Rio Grande do Sul, Brasil*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 157 p.
- Silvério da Silva, J.S. & Bolzon, R.T. 1997. Electron microscopy of silicified wood of São Pedro do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista da Universidade de Guarulhos (Geociências)*, 2:231-237.

- Silvério Da Silva, J.S.; Menegotto, E.; Bolzon, R.T. 1997. Quartz crystallinity index of silicified woods of Rio Grande do Sul State, Brazil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 15, 1997. *Resumos*, Rio Claro, SBP, p. 36.
- Soares, M.B.; Schultz, C.L.; Horn, B.L.D. 2011. New information on *Riograndia guaibensis* Bonaparte, Ferigolo & Ribeiro, 2001 (Eucynodontia, Tritheledontidae) from the Late Triassic of southern Brazil: anatomical and biostratigraphic implications. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(1): 329-354.
- Thomas, B. & Spicer, R.A. 1987. *The Evolution and Palaeobotany of Land Plants*. Croom Helm, Kent, England, 309pp.
- Tidwell, W. & Munzing, G. 1995. Gymnospermous woods from the Lower Permian Hueco Formation of South Central, New Mexico. Early Permian foot prints and facies. *New Mexico Mus.Nat.Hist.Sci.Bull.*, 6: 91–100.
- Tralau, H. 1968. Evolutionary trends in the genus *Ginkgo*. *Lethaia*, 1 : 63–101.
- Veevers, J.J.; Powell, C.McA. ; Collinson, J.W. ; Lopez-Gamundi, O.R. 1994. Synthesis. *In: Veevers, J.J. ; Powell, C.,M.Ca. (Eds.). Permian–Triassic Pangean Basins and Fold belts Along the Panthalassan Margin of Gondwanaland*. Geological Society of America, Memoir, 184 :331–353.
- Vozenin-Serra, C., Broutin, J., Toutin-Morin, N. 1991. Bois permien du Sud-Ouest de l’Espagne et Sud-Est de la France—implications pour la taxonomie des Gymnospermes paléozoïques et la phylogénie des Ginkgophytes. *Palaeontographica B*, 221 : 1–26.
- White, I.C. 1908. Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro. *Gondwana Symposium*, vol.7. DNPM, São Paulo.
- Zerfass, H.; Lavina, E.L.; Schultz, C.L.; Garcia, A.J.V.; Faccini, U.F.; Chemale Jr., F. 2003. Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of Southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimate. *Sedimentary Geology*, 161: 85–105.
- Zerfass, H.; Chemale Jr., F.; Schultz, C.L.; Lavina, E.L. 2004. Tectonics and sedimentation in Southern South America during Triassic. *Sedimentary Geology*, 66: 265–292.
- Zhou, Z.Y. 1991. Phylogeny and evolutionary trends of Mesozoic ginkgoaleans—a preliminary assessment. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 68: 203–216.
- Zhou, Z.Y. 1997. Mesozoic ginkgoalean megafossils: a systematic review. *In: Hori, T., Ridge, R.W., Tulecke, W., Del Tredici, P., Trémouillaux-Guiller, J., Tobe, H. (Eds.), Ginkgo biloba—A Global Treasure from Biology to Medicine*. Springer Verlag, Tokyo, pp.183–206.
- Zhou, Z.Y. 2000. A proposed classification of Mesozoic ginkgoaleans. *Abstracts of the Sixth Conference of International Organization of Palaeobotany (IOP-VI)*, July 31–August 3, 2000, Qinhuaangdao, China, pp.157–158.
- Zhou, Z.Y. 2009. An overview of fossil Ginkgoales. *Palaeoworld* 10, 1-22.

