EVIDÊNCIAS PALEOCLIMÁTICAS E PALEOECOLÓGICAS, SEGUNDO DADOS PALEOBOTÂNICOS E MINERALÓGICOS, DOS ARGILITOS NEÓGENOS DE JAGUARIÚNA (SP), CORRELATOS À FORMAÇÃO RIO CLARO.

PALEOCLIMATICAL AND PALEOECOLOGICAL EVIDENCES, AFTER PALEOBOTANICAL AND MINERALOGICAL DATES OF NEOGENE CLAYSTONES FROM JAGUARIÚNA (SP), CORRELATES TO THE RIO CLARO FORMATION.

Maria Aparecida DOS-SANTOS[1]; Mary Elizabeth. BERNARDES-DE-OLIVEIRA [1,2];
Lucy Gomes SANT'ANNA[2]

Resumo: Os argilitos de Jaguariúna (SP) têm sido estudados em sua composição tafoflorística (do ponto de vista morfológico e taxonômico) e algumas inferências paleoclimáticas e paleoecológicas foram extraídas dela. As feições morfográficas e taxonômicas dos fitofósseis e as litológicas apontam para clima tropical úmido, dominante na área, na época de vida e deposição da paleoflora, caracterizada por uma floresta tropical ombrófila, em contraste com a floresta semidecídua de mata latifoliada tropical, que aí medrou até recentemente. Paralelamente, análises mineralógicas da caulinita da rocha matriz têm sido realizadas, através de Difração de Raios-X e de MEV, e os dados obtidos corroboram essas inferências paleoclimáticas reinantes no sítio deposicional.

Palavras-chave: Paleoclima. Paleoecologia. Fitofósseis neógenos. Caulinita. Jaguariúna (SP). Formação Rio Claro.

Abstract: The claystones of Jaguariúna (SP) have been studied in their taphofloristic composition (after their morphology and taxonomy) and some palaeoclimatic and paleoecological inferences are been extracted from it. The morphographic and taxonomic features of the phytofossils and of the lithology suggest a wet tropical climate, in the area, in the lifetime of the paleoflora and its deposition, characterized by a wet tropical forest, different of the semidecidual wide leaf tropical forest, living until recently on that area. By other hand, mineralogical analysis of the kaolinite of the matrix rock have been made, by X-ray Diffraction and SEM, leading to the same inferences on climatical conditions dominants in the deposition site.

Keywords: Paleoclimate. Paleoecology. Neogene phytofossils. Kaolinite. Jaguariúna Municipality (SP). Rio Claro Formation.

[1]Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão – CEPPE, Universidade Guarulhos. Rua Nilo Peçanha, 81 – Guarulhos – Centro. E-mail do segundo autor: maryeliz@usp.br.

[2]Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – IGc-USP.

INTRODUÇÃO

A Paleobotânica tem sido usada como importante ferramenta na caracterização de paleoclimas e da paleoecologia, com base na sensibilidade e capacidade de adaptação das plantas às mudanças ambientais, refletidas em sua morfologia e anatomia.

Como ressaltou Wallace (2002), a maior premissa básica da Paleobotânica é que as plantas que crescem em climas quentes são diferentes das que crescem em climas frios e, portanto, se um ou outro tipo pode ser reconhecido no documentário fóssil, tem-se uma definição do clima, no qual a flora ali registrada viveu.

As plantas fósseis testemunham também sobre antigos ambientes e evidenciam suas mudanças, além de permitirem estudar as inter-relações entre animais e plantas, que viveram nesses ambientes (TAYLOR ; TAYLOR, 1993).

Os argilitos de Jaguariúna (SP) foram estudados em sua composição tafoflorística (do ponto de vista morfológico e taxonômico) e algumas inferências paleoclimáticas e paleoecológicas têm sido extraídas dela (DOS-SANTOS et al., 2006; DOS-SANTOS, 2007; DOS-SANTOS; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, 2007). Por outro lado, análises mineralógicas da caulinita da rocha matriz, através de Difração de Raios-X e de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), têm sido realizadas, levando a algumas inferências sobre as condições paleoclimáticas reinantes no sítio de deposição. Apresenta-se aqui uma síntese conclusiva desses dois tipos de dados.

A TAFOFLORA DE JAGUARIÚNA - NO CENÁRIO PALEOBOTÂNICO PAULISTA

Apesar da existência de diversos trabalhos sobre a paleobotânica cenozóica brasileira, executados ao longo do século XX e início do XXI, pouco se conhece ainda sobre a paleoflora neógena do país, devido à distribuição esparsa de seu registro, à má preservação na maioria dos casos e ao pequeno número de especialistas envolvidos nesse assunto.

Assim sendo, a contribuição brasileira para a compreensão da paleofitogeografia cenozóica mundial, no que se refere à flora da Área Neotropical, tem sido pequena, considerando que são poucos ainda os depósitos dessa idade, que contém fósseis vegetais estudados, conforme Duarte ; Martins (1983). Entretanto, do que se pode inferir das floras fósseis neógenas da zona tropical sul-americana, não há grandes variações em relação a atual nesta zona, sugerindo ter havido um ambiente semelhante, às vezes, mais úmidos e com leves variações climáticas (MENÉNDEZ, 1971; AKHMETYEV, 1987; WILLIS; MCELWAIN, 2002; GARCIA et al., 2007).

No Estado de São Paulo, há vários registros de macrofitofósseis cenozóicos: na **Província Costeira** - em Iguape (Grupo Mar Pequeno: na Formação Ilha Comprida, MEZZALIRA, 1989 e na Formação Pariquera-Açu, MARCELO, 1981); na **Província Planalto Atlântico** - *bacia de Bonfim*- em Caçapava, (linhito de Caçapava - PAES LEME, 1918); *bacia do Paraíba* - em Guararema (Formação Tremembé, MANIERO, 1951); em Taubaté (Formação Pindamonhangaba, FITTIPALDI ; SIMÕES,1990, e LEITE et al., 1996); em Tremembé (Formação Tremembé, DUARTE; MANDARIM-DE-LACERDA,1987, 1989 a, 1989 b, 1992, MANDARIM-DE-LACERDA et al., 1996, e BERNARDES-DE-OLIVEIRA et al., 2001, 2002 a e b); em São José dos Campos (Formação Caçapava/ Pindamonhangaba, MEZZALIRA, 1964); *Depósitos interioranos correlatos*- em Bom Jesus dos Perdões (Formação Pindamonhangaba/ Itaquaquecetuba, ALMEIDA, 1952); em Atibaia (Formação Pindamonhangaba/ Itaquaquecetuba, PENALVA, 1971); em Piracaia (Formação Pindamonhangaba/ Itaquaquecetuba, MEZZALIRA, 1948, e ALMEIDA, 1952); *bacia de São Paulo*- em São Paulo (Formação Itaquaquecetuba, SUGUIO, 1971, e SUGUIO; MUSSA, 1978); em Itaquaquecetuba (Formação Itaquaquecetuba, FITTIPALDI et al., 1989, e FITTIPALDI; SIMÕES, 1989); em Santa Isabel (Formação Itaquaquecetuba, ALMEIDA et al., 1984); na **Província Depressão Periférica** - em Rio Claro (Formação Rio Claro, BJORNBERG et al., 1964, e ZAINE et al., 1995); em São Pedro (Formação Rio Claro, BJORNBERG et al., 1964); *Depósitos interioranos correlatos*- em Vargem Grande do Sul (Formação Pirassununga "Fácies Vargem Grande do Sul" / Formação Rio Claro, MEZZALIRA, 1964, 1966 e 1989, e DUARTE; REZENDE-MARTINS, 1983 e 1985); em Jaguariúna e Paulínia (Depósitos correlatos/ Formação Rio Claro, FERNANDES et al., 1994); na **Província Cuestas Basálticas**- em Botucatu (depósitos interioranos/ argilas amarelas esbranquiçadas, MEZZALIRA, 1964); em São Carlos (argilas escuras, MEZZALIRA, 1964).

A paleoflora cenozóica paulista, ainda que abundante e apresentando várias ocorrências, permanece relativamente desconhecida do ponto de vista taxonômico como as demais brasileiras. Maiores detalhes sobre essa paleoflora podem ser vistos na Tabela 1.

MACROFITOFÓSSIL	LOCALIDADE GEOGRÁFICA	LOCALIDADE ESTRATIGRÁFICA	AUTOR	IDADE
Restos de vegetais indeterminados	Município de Iguape (Bairro Paraíso Mirim)	Fm. Pariquera Açu Grupo Mar Pequeno (Província Costeira)	Marcelo, 1981	Plioceno / Pleistoceno
Restos de vegetais indeterminados	Município de Iguape	Fm. Ilha Comprida Grupo Mar Pequeno (Província Costeira)	Mezzalira, 1989	Pleistoceno
Rutales, Ebenales e *Podocarpus*	Caçapava	Linhito da Fm. Caçapava bacia de Bonfim	Loefgren, 1918 *in* Paes Leme	(Oligoceno Superior por palinologia, Lima et al. (1985)
Restos de monocotiledôneas	Km 318, Rodovia Dutra, Município São José dos Campos	Fm. Caçapava, bacia do Paraíba	Mezzalira, 1964 (1961-1962)	Oligoceno Superior
Restos de Angiospermas e possíveis sementes	Km 106,4, Rodovia Dutra Município Taubaté	Fm. Caçapava, bacia do Paraíba	Vilcalvi, 1982	Oligoceno Superior
Folhas e troncos de vegetais (indeterminados)	Cidade Universitária (margem do rio Pinheiros)	Fm. Itaquaquecetuba bacia São Paulo	Tolentino, 1965	Eoceno Superior
Melastomaceae -*Miconia* sp Elaeocarpaceae - *Sloanea* sp Leguminosae -*Myrocarpus* sp *Centrolobium* sp *Piptadenia* sp	Cidade Universitária (margem do rio Pinheiros)	Fm. Itaquaquecetuba bacia São Paulo	Suguio, 1971	Pleistoceno ou mais antigo
Sapindaceae - *Matayboxylon tietense* Suguio; Mussa, 1978 Vochysiaceae- *Qualeoxylon itaquaquecetubense* Suguio; Mussa, 1978 Fabaceae - *Myrocarpoxylon sanpaulense* Suguio; Mussa, 1978 Mimosoideae - *Piptadenioxylon chimeloi* Suguio; Mussa 1978 Anacardiaceae - *Astronioxylon manieiri* Suguio; Mussa 1978	Itaquaquecetuba (margem do rio Tietê)	Fm. Itaquaquecetuba bacia São Paulo	Suguio ; Mussa, 1978	Pleistoceno Superior (Suguio ; Mussa, 1978) ou Eoceno Superior (Mezzalira, 1989)
Aquifoliaceae - Aquifoliphyllum ilicioides Fittipaldi et al. 1989 Flacourtiaceae - *Casearia serrata* Fittipaldi et al. 1989 Myrtaceae - *Myrcia* cf. *rostrataformis* Hollick e Berry, 1924 *Psidium paulense* Fittipaldi et al. 1989 Rhamnaceae - *Rhamniphyllum casearifórmis* Fittipaldi et al. 1989 Sapindaceae - *Serjania lancifolia* Fittipaldi et al. 1989 *Serjania itaquaquecetubensis* Fittipaldi et al. 1989 Rutaceae -*Zanthoxyllum glanduliferum* Fittipaldi et al. 1989 Tiliaceae - *Luehea divaricatiformis* Fittipaldi et al. 1989 Araceae - *Monstera marginata* Fittipaldi et al., 1989 Caesalpinoideae - *Schizolobium inaequilaterum* Fittipaldi et al. 1989 Malpighiaceae - *Byrsonima bullata* Fittipaldi et al. 1982 Sementes Frutos	Porto de Areia, Itaquareia, Município Itaquaquecetuba	Fm. Itaquaquecetuba bacia de São Paulo	Fittipaldi et al. 1989	Oligoceno
Bryophyta Hepaticopsida	Porto de Areia, Itaquareia, Município Itaquaquecetuba	Fm. Itaquaquecetuba bacia de São Paulo	Fittipaldi, 1993	Oligoceno
Madeira silicificada (indeterminada)	planície aluvionar da margem direita do rio Paratei, Município de Santa Isabel	Fm. Itaquaquecetuba bacia São Paulo	Almeida et al. 1984	Eoceno Superior
Restos vegetais (folhas, troncos de madeira)	Guararema, Município de Guararema	Fm. Tremembé bacia do Paraíba	Maniero, 1951	Eoceno Superior / Oligoceno
Restos de folhas e troncos	Fazenda Santa Fé, Município Tremembé.	Fm. Tremembé bacia do Paraíba	Campos et al. 1979	Eoceno / Oligoceno
Tiliaceae - Luehea nervaperta Duarte; Martins, 1989 *Phytolaccacae - Seguieria alvarengae* Duarte; Martins, 1989 Caesalpinoideae - *Cassia* sp *Copaifera flexuosa* Duarte; Mandarim-de-Lacerda, 1989b Faboideae - *Machaerium acinaciformium* Duarte; Mandarim-de-Lacerda, 1989b Rosales – Leguminosae - *Leguminosites* sp	Fazenda Santa Fé, Bairro do Padre Eterno, Município de Tremembé.	Fm. Tremembé bacia do Paraíba	Duarte ; Mandarim-de-Lacerda, 1989b	Oligoceno / Mioceno
Celastraceae - Plenckia prima Duarte; Mandarim-de-Lacerda, 1992 Loganiaceae- *Strychnos fossilium* Duarte; Mandarim-de-Lacerda, 1992 Typhaceae- *Typha tremembensis* Duarte; Mandarim-de-Lacerda, 1992	Fazenda Santa Fé, Bairro do Padre Eterno, Município de Tremembé.	Fm. Tremembé bacia do Paraíba	Duarte ; Mandarim-de-Lacerda, 1992	Oligoceno / Mioceno
Schizaeaceae Salviniaceae Phytolaccaceae – aff. *Seguieria alvare*ngae Duarte; Martins, 1989. Malvales Caesalpinaceae – aff. *Copaiffera* Fabaceae – aff. *Machaerium;* aff. *Aeschynomene* Myrtaceae Celastraceae – aff. *Plenckia* Poaceae / Gramineae Typhaceae – *Typha tremembensis* Duarte; Mandarim-de-Lacerda, 1992	Rodovia Quiririm – Campos do Jordão Km 11, Município de Tremembé.	Fm. Tremembé bacia do Paraíba	Bernardes-de-Oliveira et al. 2002a	Eoceno / Oligoceno
Vegetais indeterminados – Melastomatáceas e Gramíneas	Km 1,6 da rodovia Quiririm – Campos de Jordão, Município de Taubaté	Fm. Pindamonhangaba bacia do Paraíba	Fittipaldi ; Simões, 1990	Plioceno / Pleistoceno
Magnoliophyta Liliopsida Filicophyta Lomariopsis	Km 1,6 da rodovia Quiririm – Campos de Jordão, Município de Taubaté	Fm. Pindamonhangaba bacia do Paraíba	Madarim-de-Lacerda et al. 1994, 1995. Leite et al. 1996	Plioceno / Pleistoceno
Restos ou impressões de folhas	Km 498, 501, 502,5, 512 da rodovia Fernão Dias, Município de Atibaia e Bragança Paulista	Fm. Pindamonhangaba ou Itaquaquecetuba	Penalva, 1971	Eoceno / Oligoceno
Restos vegetais indeterminados (folhas)	A 2 km, de Piracaia, Município de Piracaia	Fm. Pindamonhangaba ou Itaquaquecetuba	Mezzalira, 1948	Eoceno Superior / Oligoceno
Vegetais fósseis e indeterminados	Km 27,6, Estr. Velha SP-RJ, Município São Paulo	Fm. Itaquaquecetuba / bacia de São Paulo	Mezzalira, 1950	Eoceno Superior / Oligoceno
Vegetais fósseis (folhas, sementes e restos carbonizados)	Município de Bom Jesus dos Perdões	Fm. Pindamonhangaba ou Itaquaquecetuba / bacia de São Paulo	Almeida, 1952	Eoceno Superior / Oligoceno

Continuação

MACROFITOFÓSSIL	LOCALIDADE GEOGRÁFICA	LOCALIDADE ESTRATIGRÁFICA	AUTOR	IDADE
Magnoliopsidas Filicopsidas	Vila Nova, Jardim Bandeirantes, Município de Rio Claro	Fm. Rio Claro Província Depressão Periférica bacia do Paraná	Zaine et al. 1995	Mioceno / Pleistoceno
Helobiae	Município de Rio Claro (Km 177, de Via Washington Luis, Km 3,2 de Rio Claro - Ipeúna; Km 1 a NE de Ajapi) Município de São Pedro (3km de São Pedro p/ Rio Claro)	Fm. Rio Claro Província Depressão Periférica bacia do Paraná	Bjornberg et al. 1964	Plioceno / Pleistoceno
Melastomataceae - *Tibouchina izildaisabelae* Mezzalira, 1964 Annonaceae Ebenales Rutales	Sítio Cachoeira, 4 Km ao Sul de Vargem Grande do Sul, Município de Vargem Grande.	Depósitos Interioranos Correlatos Fm. Pirassununga (Fácies Vargem Grande do Sul) / Fm. Rio Claro bacia do Paraná	Mezzalira, 1964	Cenozóico
Caesalpinoideae - *Cassia parkerii* Duarte; Martins, 1983 *Cassia eliptica* Duarte; Martins, 1983 *Cassia parabicapsularis* Duarte; Martins, 1983 Faboideae - *Machaerium nervosum* Duarte; Martins, 1983 *Platypodium potosianum* Engelhardt, 1894 *Camptosema cordatum* Duarte; Martins, 1983 *Camptosema primum* Duarte; Martins, 1983 Meliaceae - *Cedrela arcuata* Duarte; Martins, 1983 *Sapindaceae - Serjania mezzalirae* Duarte; Martins, 1983 *Sapindus ferreirae Duarte, 1972*	Sítio Cachoeira, 4 Km ao Sul de Vargem Grande do Sul, Município de Vargem Grande.	Depósitos Interioranos Correlatos Fm. Pirassununga (Fácies Vargem Grande do Sul) / Fm. Rio Claro bacia do Paraná	Duarte ; Martins, 1983	Terciário (Mezzalira, 1989)
Celastraceae - *Maytenus fragilis,* Duarte; Martins, 1985 Myrtaceae - *Eugenia vargensis,* Duarte; Martins, 1985 *Eugenia punctata* Duarte; Martins, 1985 *Psidium adornatum* Duarte; Martins, 1985 Myrciae - *Myrcia diafana* Duarte; Martins, 1985 *Calyptrantes argilosa* Duarte; Martins, 1985 *Gomidezia costata* Duarte; Martins, 1985 Symplocaceae - *Symplocos dealbata,* Duarte; Martins, 1985 Melastomataceae - *Tibouchina izildaisabelae* Mezzalira, 1964	Sítio Cachoeira, 4 Km ao Sul de Vargem Grande do Sul, Município de Vargem Grande.	Depósitos Interioranos Correlatos Fm. Pirassununga (Fácies Vargem Grande do Sul) / Fm. Rio Claro bacia do Paraná	Duarte ; Martins, 1985	Holoceno
Pteridófitas Annonaceae Frutos e Sementes	Cabeceiras do córrego do Melo, Fazenda Varginha, Município de São Carlos	Argilas Escuras - Depósitos Interiores Províncias de Cuestas Basálticas bacia do Paraná	Mezzalira, 1964	Pleistoceno
Restos de monocotiledôneas	Km 251,4, Rodovia SP – Botucatu (SP-280) Município de Botucatu	Depósitos Interiores Províncias de Cuestas Basálticas bacia do Paraná	Mezzalira, 1964	Pleistoceno
Cyperaceae / Typhaceae	Jaguariúna e Paulínia	Depósitos Interioranos Correlatos / Fm. Rio Claro Província Depressão Periférica bacia do Paraná	Fernandes et al. 1994	Cenozóico

TABELA 1: Ocorrências de Tafofloras Cenozóicas no Estado de São Paulo
TABLE 1: Cenozoic taphofloras occurrences in the São Paulo State

Dentre essas ocorrências, são consideradas neógenas aquelas das formações: Rio Claro e depósitos correlatos (incluindo Formação Pirassununga), Pindamonhangaba e Pariquera-Açu (MELO et al., 1997) e as da parte superior da Formação Itaquaquecetuba (SANTOS et al., 2006).

A tafoflora de Jaguariúna foi analisada por Dos-Santos et al.(2006), Dos-Santos (2007) e Dos-Santos; Bernardes-de-Oliveira (2007), morfológica e taxonomicamente, segundo seu documentário de macrofósseis foliares, que é o mais abundante e diversificado.

Compõem a tafoflora de Jaguariúna os seguintes elementos: *Elaphoglossum* sp; *Ocotea* cf. *O. pulchelliformis* Fittipaldi, 1990; *Typha* cf. *T. tremembensis* Duarte; Mandarim-de-Lacerda, 1992; *Typha* sp.; *Monocotylophyllum* sp. 1; *M.* sp. 2; *Alternanthera* sp; *Garcinia* sp.; *Leguminosites* sp.; *Aspidosperma* sp.; *Dicotylophyllum* sp. 1; *D.* sp. 2; *D.* sp. 3; *D.* sp. 4; *D.* sp. 5; *D.* sp.6; *D.* sp. 7; *D.* sp. 8; *D.* sp. 9; *D.* sp. 10; *D.* sp. 11.

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA DA ÁREA DE PROCEDÊNCIA DOS FÓSSEIS

O Município de Jaguariúna situa-se na área centro-oriental do Estado de São Paulo, próximo ao limite das províncias Depressão Periférica e Planalto Atlântico.

A tafoflora estudada é proveniente de um afloramento de depósitos cenozóicos localizado à margem esquerda (sentido Campinas - Mogi - Mirim) da rodovia Adhemar de Barros (SP-340), no km 136,5. Encontra-se, mais precisamente, na latitude de 22º42' S e longitude 46º58' W, numa altitude de 584m.

Jaguariúna apresenta um clima tropical de altitude, mesotérmico, com verões quentes, segundo Köppen (1900). A estação seca (com 26% de precipitação média anual = 200 a 300 mm) ocorre, aproximadamente, durante o inverno, de maio a setembro, enquanto a estação chuvosa (com 74% da

precipitação anual = 900 a 1000 mm) ocorre de outubro a abril. A temperatura regional é de 4º C a 32º C, com média anual em torno de 18º C a 20º C. A área foi recoberta, num passado recente, por uma floresta semidecídua de mata latifoliada tropical, com mata ciliar ao longo dos rios, que foi grandemente devastada pela agricultura cafeeira, restando dela apenas raros remanescentes pontuados (EMBRAPA, 2007).

Quanto à Geologia Regional, sabe-se que depósitos cenozóicos de maior ou menor extensão, ocorrentes principalmente na área centro-oriental do Estado de São Paulo, resultam de tectônica de basculamentos; soerguimentos; abatimentos de blocos de falha e desenvolvimento de bacias tafrogênicas (CARNEIRO; PONÇANO, 1981; HASUI et. al., 1982). Esses sedimentos cenozóicos são, em geral, continentais e as idades são quase sempre inferidas. São coberturas isoladas, areno-argilosas, castanhas a ocre, com poucas estruturas sedimentares.

Constituem-se desde pequenas manchas isoladas até formações mais extensas, na forma de depósitos aluviais, terraços, depósitos coluviais, que foram sedimentados em várzeas e planícies de inundação relacionadas às drenagens. Estendem-se, principalmente, pela Depressão Periférica.

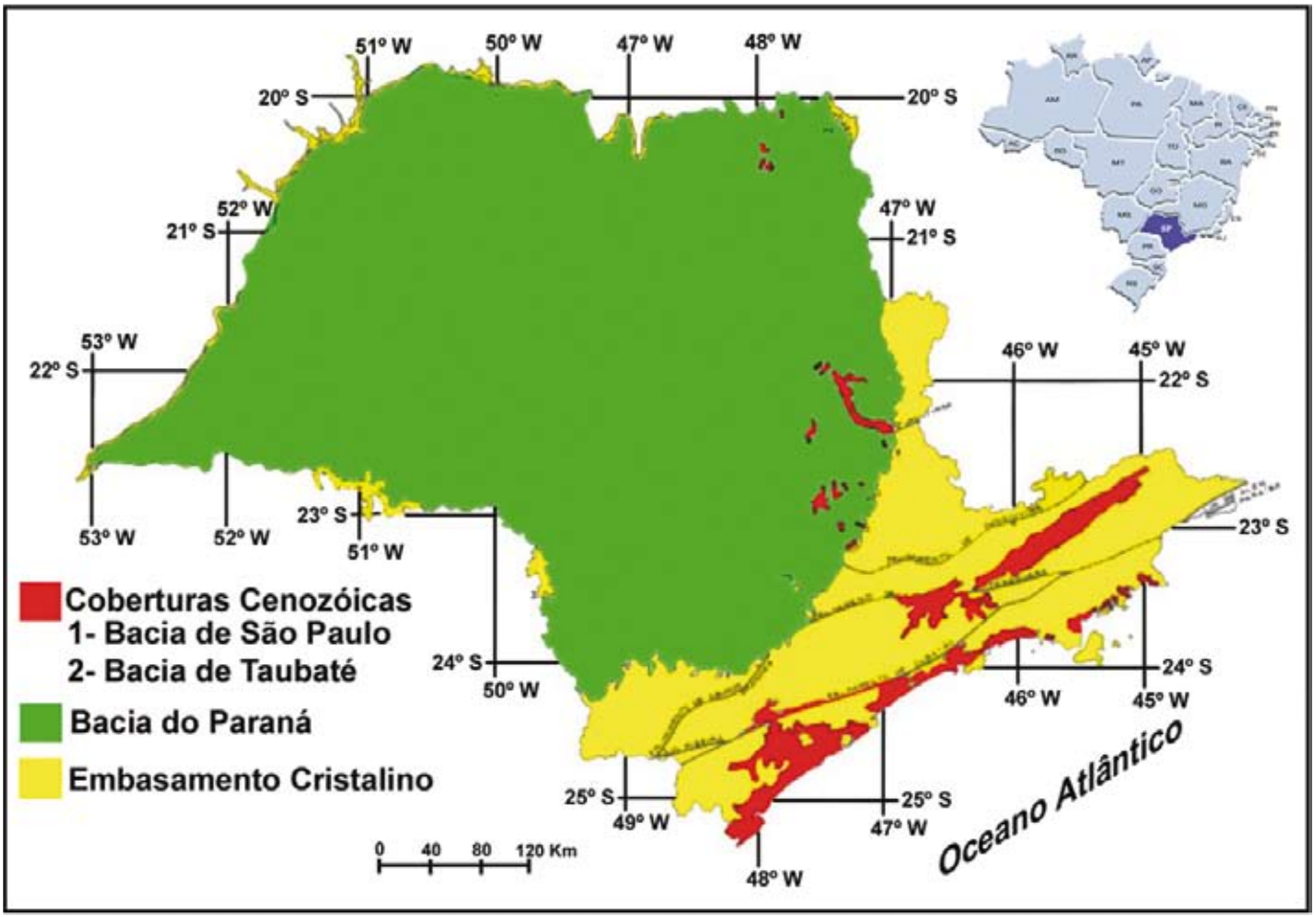

FIGURA 1: Mapa de feições tectônicas e estratigráficas do Estado de São Paulo. Modificado de
FIGURE 1: Tectonic and stratigraphic map of the São Paulo State. Modified fron Carneiro e Ponçano (1981).

Algumas manchas mais extensas são denominadas informal e localmente: Formação Rio Claro (Mioceno-Pleistoceno), em Zaine et al. (1995), Formação Pirassununga (Oligoceno-Mioceno) com a Fácies Vargem Grande do Sul, de Freitas et. al. (1990) e Formação Santa Rita do Passa Quatro (Eoceno?), de Massoli (1981), (Figura 1). Melo (1995) e Melo et al. (1997) englobaram todas essas formações sob a designação de Formação Rio Claro.

De acordo com o mapa geológico do Município de Jaguariúna (SP), elaborado por Brollo (1996), os sedimentos cenozóicos estendem-se pela área centro-oeste e recobrem diretamente as rochas permo-carboníferas do Subgrupo

Itararé ou injeções de diabásio juro-cretáceas da bacia do Paraná. Na área leste, aqueles sedimentos assentam-se diretamente sobre rochas do Proterozóico Superior. Ainda, segundo Brollo (1996), em Jaguariúna, os morretes alongados, paralelos, de topos arredondados, perfis convexos, além de colinas e relevo pouco movimentado estão relacionados a

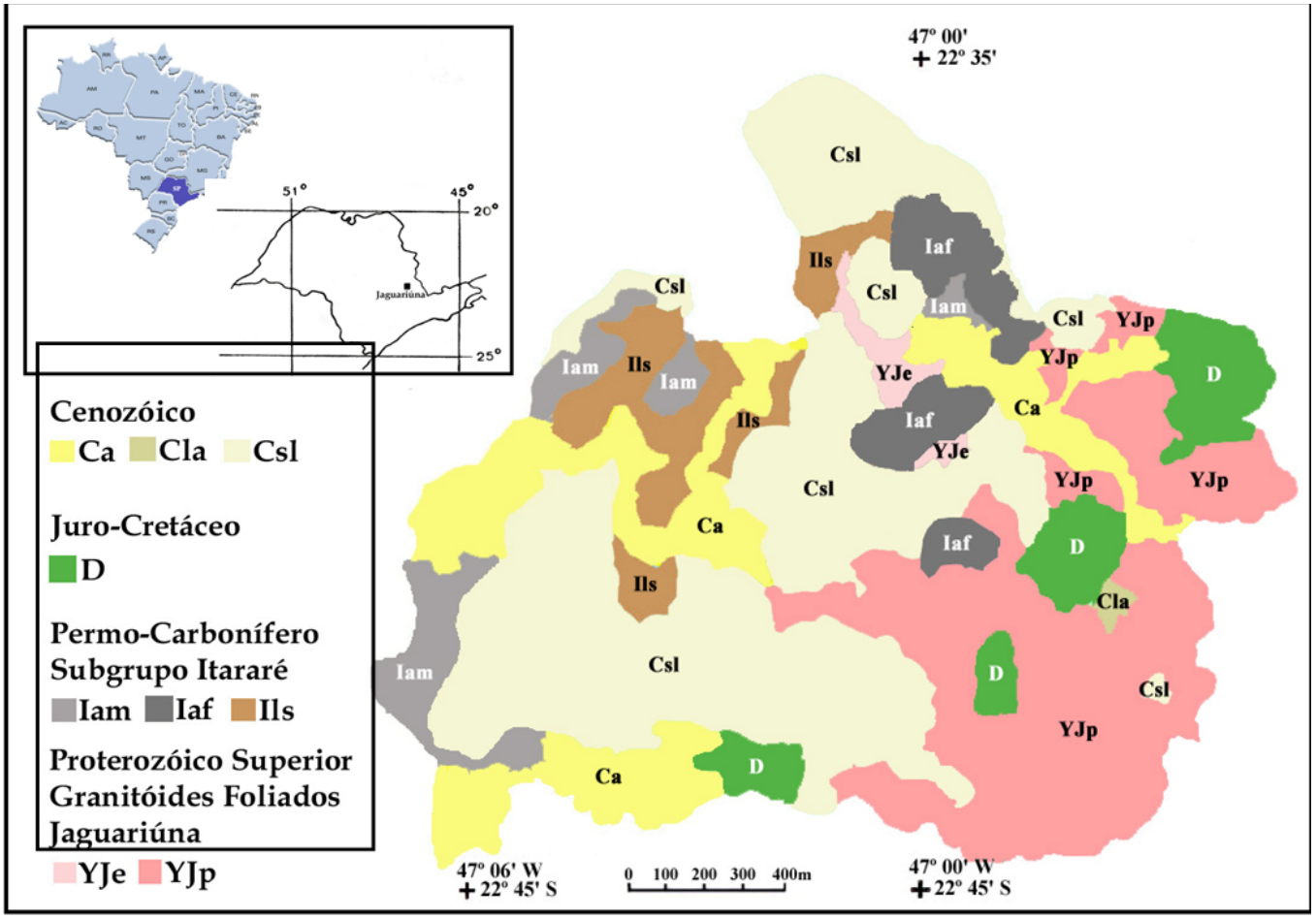

FIGURA 2: Mapa Geológico do Município de Jaguariúna. Modificado de Brollo (1996).
FIGURE 2: Geological map of the city of Jaguariúna. Modified from Brollo (1996).

várias rochas pertencentes a suítes graníticas do Proterozóico Superior, chamadas de *granitóides de Jaguariúna* com duas litologias mapeáveis: biotita-granito porfirítico de distribuição mais ampla e anfibólio granitóide, de distribuição mais restrita (Figura 2).

As unidades sedimentares são de diferentes idades: arenitos de granulação variada passando a folhelhos, do Permo-Carbonífero (Subgrupo Itararé - Grupo Tubarão) e arenitos, siltitos e lamitos amarelo-alaranjados ou variegados, geralmente maciços ou com estratificações cruzadas e friáveis das Coberturas Cenozóicas, correlatas à/ou da própria Formação Rio Claro, conforme Melo (1995) e Melo et al. (1997).

Os depósitos da Formação Rio Claro sensu stricto ocorrem na área aplainada (platô) nas proximidades da cidade de Rio Claro, onde atingem a espessura máxima de 20 a 40 m.

De forma mais descontínua, nas proximidades da borda leste da Depressão Periférica, junto à Província Planalto Atlântico, as unidades correlatas, com aproximadamente 10 m de espessura, designadas formações Pirassununga, Santa Rita do Passa Quatro e outras coberturas foram identificadas como Formação Rio Claro por Cavalcante et al. (1979), por Melo (1995) e Melo et al. (1997). Esses autores basearam-se para isso, em semelhanças granulométricas, mineralógicas, faciológicas e geomorfológicas, (Figura 3).

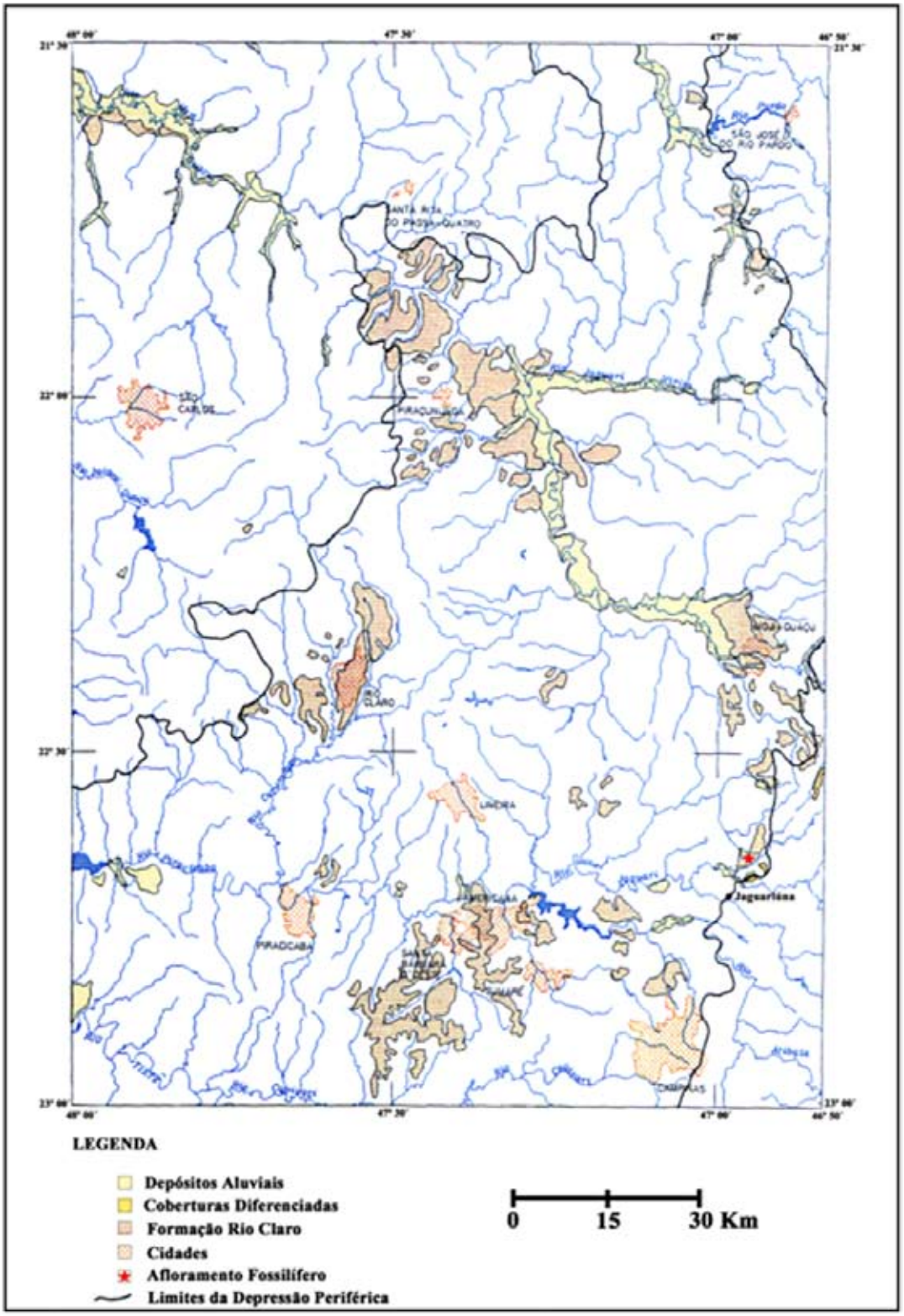

FIGURA 3: Unidades litoestratigráficas neocenozóicas da Depressão Periférica e áreas adjacentes no Estado de São Paulo. Modificado de Cavalcante et al. (1979).

FIGURE 3: Lithostratigraphic Late Cenozoica unities of the "Peripherical Depression Province" and adjacent areas in the São Paulo State. Modified from Cavalcante et al. (1979)

Melo et al. (1997) reconheceram, na área, manchas da Formação Rio Claro, na forma de depósitos de sistema fluvial meandrante sob ação de clima úmido, agrupadas em quatro litofácies principais: **Trcl** = predominância de lamitos de origem gravitacional, formados em áreas de relevo acidentado nas cercanias do Planalto Atlântico; **Trcc** = predominância de cascalhos e areia de depósitos associados a canais (fundo de canal, barras de pontal) de sistema fluvial meandrante; **Trcm** = argila laminada com impressões de folhas e caules em planícies de inundação; **Trca** = areias de rompimento de diques marginais. A área de ocorrência dos fitofósseis estudados em Jaguariúna (SP), estaria na fácies **Trcm**, da Formação Rio Claro, de acordo com Melo et al. (1997). (Figura 4).

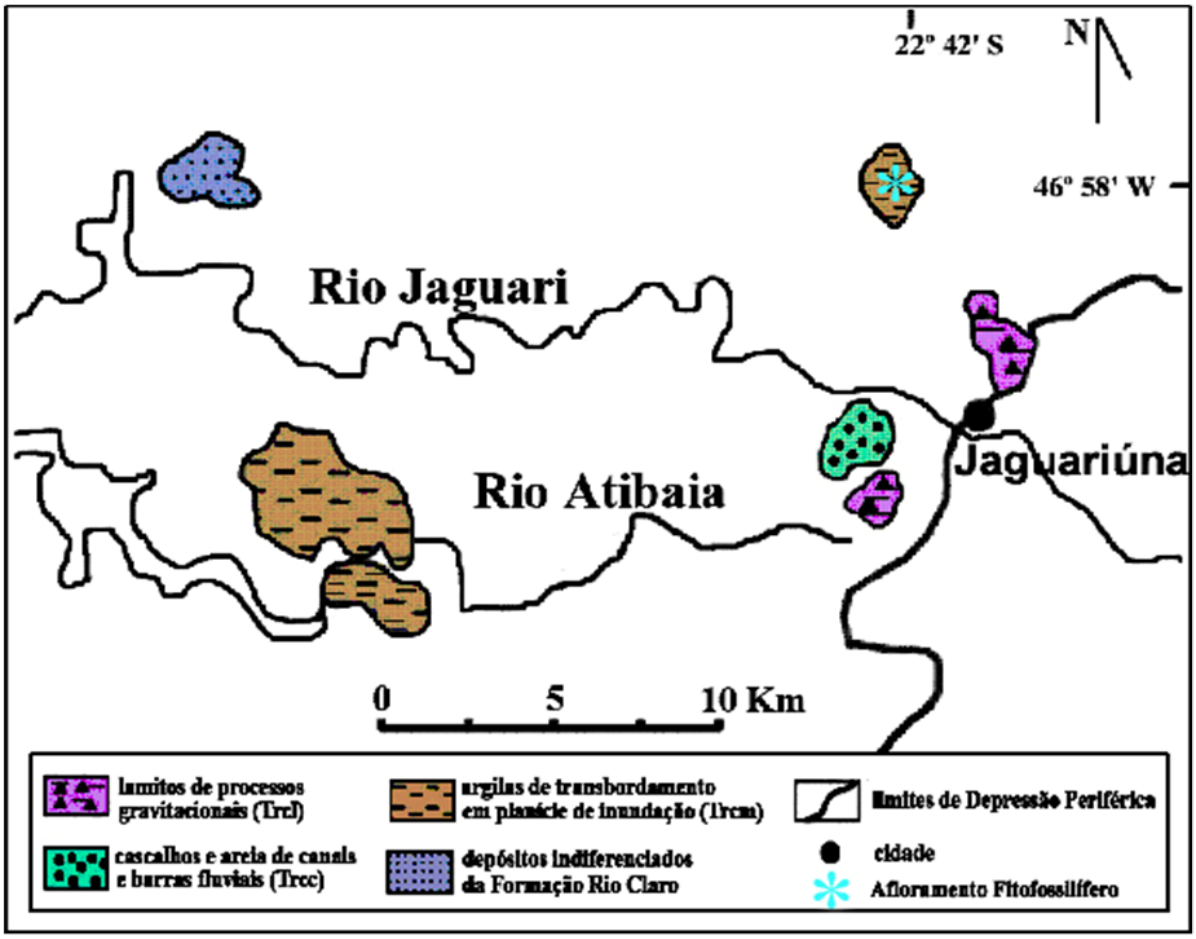

FIGURA 4: Distribuição de Litofáceis da Formação Rio Claro ao longo da borda leste da bacia do Paraná, na área de Jaguariúna (SP). Modificado de Melo et al. (1997).
FIGURE 4: Lithofacies distribution of the Rio Claro Formation on the East Margin of the Paraná Basin, in the city of Jaguariúna (SP). Modified from Melo et al. (1997).

No local de coleta, foi levantada uma seção colunar (Figura 5) tomando como base o nível mais inferior do afloramento próximo a uma boca de lobo da estrada.

A partir da base, foi detectada uma camada de argilito variegado amarelo-ocre-rosado, com plaquetas de argila branca, ligeiramente arenoso, afossilífero com delgada crosta limonítica no seu interior. A espessura da camada é de 0,32 m. Sobre essa, há uma camada de argilito variegado amarelo-alaranjado claro, com laminação incipiente e fossilífero, numa espessura de 0,72 m. Apresenta falha de direção N15W com mergulho de 20º no sentido NE. Esta camada é capeada por uma crosta limonítica de 0,05 m de espessura. Sobrepõe-se a ela uma camada de arenito grosso, arcosiano, incipientemente estratificado, de 1,35 m de espessura. Este

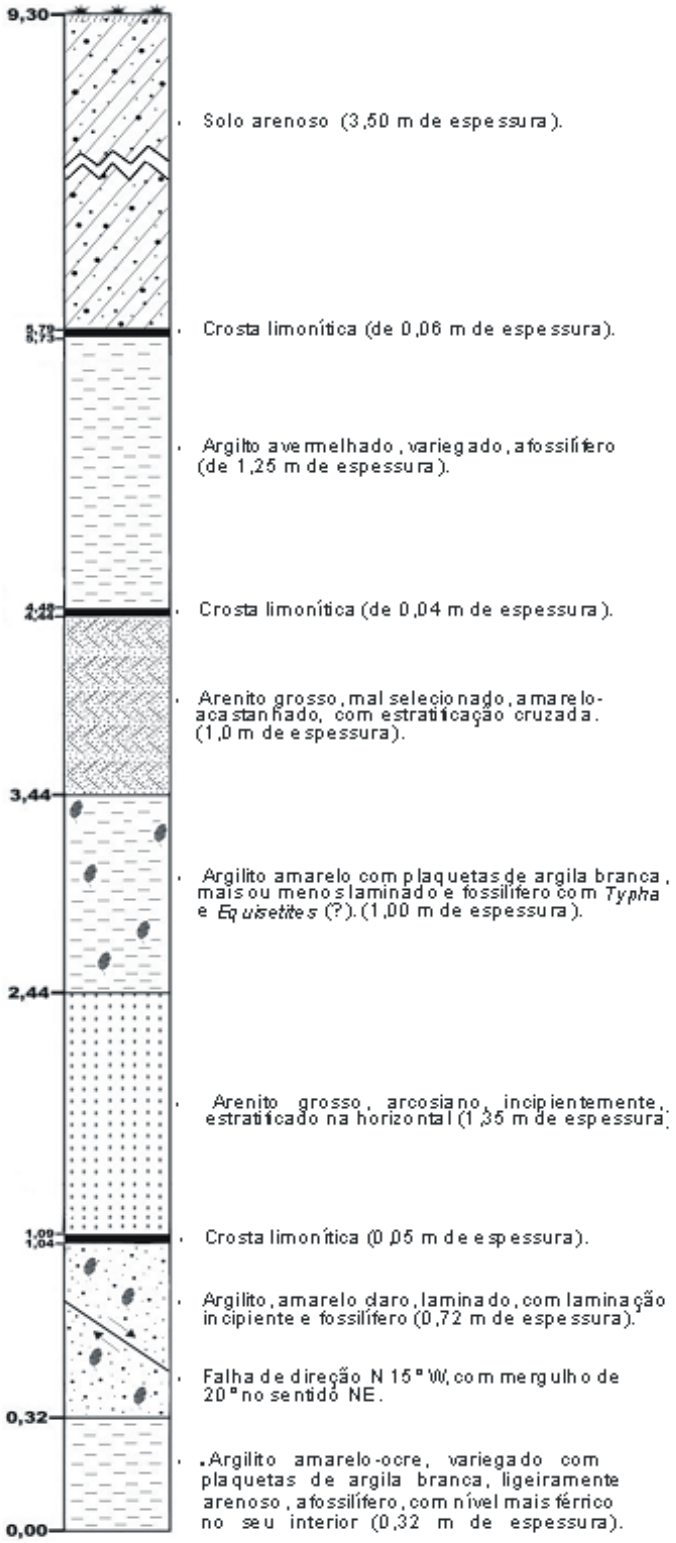

FIGURA 5: Seção colunar composta do afloramento fossilífero de Jaguariúna, na margem esquerda da Rodovia SP-340 (Sentido Campinas–Mogi-Mirim) no km 136,5.

FIGURE 5: Composed columnar section of the fossiliferous outcrop of Jaguariúna, situated on the left border of SP - 340 Highway (Direction from Campinas to Mogi Mirim) at the km 136,5.

arenito está sotoposto a um argilito amarelo, com plaquetas de argila branca, mais ou menos laminado, fossilífero, com 1m de espessura. Sobre o argilito, repousa uma camada de arenito grosso mal selecionado, amarelo-acastanhado, com estratificação cruzada, de 1 m de espessura. Capeia esse arenito uma nova crosta limonítica, com espessura de 0,04 m. Sobrepõe-se 1,25 m de argilito variegado vermelho esbranquiçado, afossilífero, capeado por outra crosta limonítica de 0,06 m de espessura. Sobre essa crosta assenta-se um espesso solo arenoso de 3,50 m de espessura.

MATERIAL E MÉTODOS

O material tafoflorístico aqui estudado é proveniente dos dois níveis fossilíferos, indicados na seção colunar, que apresentaram diferente composição e tipo de preservação. O inferior contém material mais abundante e diversificado, na forma de impressões foliares e caulinares, recobertas por pátina esbranquiçada de caulinita, quase sem detalhes morfo-anatômicos, em matriz de argilito variegado amarelo – alaranjado a róseo, com laminação incipiente, localizado próximo à base do afloramento, com 0,72 m de espessura. Muitas vezes, a abundância e a distribuição caótica dos fósseis, desse nível, dificultaram o estudo dos espécimes, que se apresentavam superpostos tornando impossível a sua separação. O superior apresenta impressões e compressões foliares e caulinares (quase sempre folhas de monocotiledôneas e caules de esfenófitas) desprovidas de pátina, em matriz de argilito amarelo com plaquetas de argila branca disseminadas, também de laminação incipiente.

Quanto aos aspectos tafonômicos, as observações durante a coleta mostraram que a assembléia tafoflorística é constituída de folhas inteiras e fragmentadas. Entretanto, mesmo fragmentadas, algumas impressões foliares preservam feições morfológicas, como margem, forma da base e / ou do ápice, embora quase sempre a venação seja incipiente.

É importante ressaltar que alguns espécimes fragmentaram-se durante o transporte até o sítio de deposição (causas bioestratinômicas), enquanto outros, por serem extremamente frágeis, na matriz intemperizada, fragmentaram-se durante a coleta e transporte do campo para o laboratório.

Algumas folhas apresentam cicatrizes e/ou manchas, de possíveis ataques por insetos.

A documentação gráfica dos espécimes estudados foi realizada por fotos e desenhos em câmara clara. Para as fotomacrografias, foi utilizada câmera fotográfica digital Sony Cyber-Shot 5.1 Megapixels, enquanto as fotomicrografias foram obtidas através do fotoesteromicroscópio Zeiss modelo Stemi SV6 acoplado de câmera fotográfica Canon PowerShot G6 7.1 Megapixels, ambos do Laboratório de Palinologia e Paleobotânica da UnG. Os fitofósseis foram analisados sob o mesmo esteromicroscópio Zeiss, acoplado de câmara clara, onde as feições morfológicas foram desenhadas, visando o detalhamento dos padrões de venação de ordens superiores à secundária e outros pormenores morfológicos.

Os espécimes tiveram sua arquitetura foliar analisada segundo o manual de Wing et al.(1999); suas dimensões lineares e angulares foram obtidas com o paquímetro digital Mitutoyo e com transferidor sobre o próprio fóssil ou sobre seu desenho em escala, obtido sob câmara clara. As áreas da superfície foliar foram calculadas conforme métodos matemáticos de Wing et al. (1999) e classificadas segundo as categorias estabelecidas por Webb, 1955.

As identificações de angiospermas foram feitas com base na chave de arquitetura foliar de Hickey (1973), Hickey; Wolfe (1975) e Hickey (1979), chegando-se até ordem ou família; na comparação com táxons de menor categoria atuais, seguiu-se Cronquist (1988), Judd et al. (2002), Lorenzi (1998; 2000 e 2002), Souza e Lorenzi (2005), e pesquisa de imagens na Internet, além de comparações com material de herbário clarificado. Na comparação com material fóssil, foram utilizadas fichas das espécies fósseis levantadas da literatura paleobotânica e outras publicações.

Após a análise morfológica e conseqüente identificação dos fitofósseis; foram realizados levantamentos de dados paleoecológicos, paleofitogeográficos, filogenéticos, etc. mapas de distribuição geográfica e geológica de floras miocenas e pliocenas sul-americanas e, além disso, de composição e distribuição estratigráfica dessas floras foram confeccionados para permitir a integração e interpretação dos dados obtidos (DOS-SANTOS, 2007).

Métodos Paleobotânicos Para Inferências Paleoclimáticas

Conforme Wallace (2003), a Paleobotânica apresenta mais inferências que a maioria das ciências da Terra e as incertezas associadas às análises paleobotânicas tradicionais são enormes. Em muitos casos, entretanto, a Paleobotânica é o único meio disponível para determinar a história orogenética ou paleoclimática de uma região.

Os métodos paleobotânicos podem ser muito complexos. Metade das análises requer alguma identificação ou classificação da flora fóssil e há dois métodos principais de fazer isso: 1) identificação taxonômica da flora em termos de plantas modernas ou "parentas viventes próximas", e 2) caracterização da vegetação baseada na fisiognomia. Esse segundo tipo de análise envolve relação da flora fóssil a algum parâmetro climático ou grupo de parâmetros, e, além disso, uso desses parâmetros para inferir altitude. Pode envolver estimativas da temperatura média anual e da duração da estação de crescimento, ou parâmetros atmosféricos menos diretos tais como proporção de lapso terrestre e entalpia anual média (WALLACE, 2003).

Método NLR ou Método Florístico

O método mais antigo e mais comum usado com dados paleobotânicos, também chamado de método florístico, é aquele que emprega um esquema de informações fornecidas, indiretamente, por "parentes viventes mais próximos" (NLR, sigla em inglês). Neste método, a flora fóssil é colocada numa classificação taxonômica que a relaciona à flora vivente: a assembléia fóssil é relacionada às condições climáticas de uma área cuja flora contém um grande número de formas viventes afins (NLRs), segundo Wolfe (1995). O uso do NLR é amplo, embora tenha sido demonstrado, tanto em teoria como na prática, ser completamente inexato: as análises NLR da mesma flora, às vezes, discordam, amplamente, nas estimativas climáticas e também o método assume que as plantas não evoluíram de modo significativo no período de tempo em questão. Quando paleobotânicos tentam inferir climas de milhões ou dezenas de milhões de anos, esta suposição é obviamente falsa. Na melhor das hipóteses, então, o método NLR pode ser usado para identificar tendências mais amplas no clima (WOLFE, 1995; WALLACE, 2003).

O método NLR foi usado por MacGinite (1953) e Axelrod (1962, 65 e 98). Seus muitos estudos paleobotânicos através dos EUA ocidentais, todos dependeram desse método, proporcionando apoio enfático às hipóteses de orogênese, durante o Neocenozóico.

Após a *identificação taxonômica* da tafoflora de Jaguariúna, chegou-se a 08 espécies e 13 morfogêneros num total de 21 formas. Apesar das limitações já apontadas para

Espécie	Hábito	Habitat	Distribuição Geográfica	Distribuição Estratigráfica
Elaphoglossum spp	Predominantemente, epífita com algumas espécies rupestres e outras terrestres, Tryon ; Tryon, 1982.	As epífitas ocorrem sobre troncos de árvores, próximas ao chão ou ramos próximos à canópia. Muitas espécies crescem em lugares úmidos. Às vezes, em fendas de rochas e mais raramente sobre solos encharcados, Tryon ; Tryon, 1982.	Gênero de florestas de montanha, úmidas e nebulosas, comum entre 1000-3000m de altitude. Ocorre na região tropical e temperada da América do Sul e da África, Sudeste Asiático e desde os Himalaias até o norte do Japão, Tryon ; Tryon, 1982.	Mioceno, Loja, Equador, Berry, 1929.
Ocotea pulchella e *O.* cf. *O. pulchelliformis*	Árvores de 20 a 30 m de altura. Troncos tortuosos, de 80 cm de diâmetro. Heliófitas e higrófilas. Folhas simples cartáceas ou coriáceas.	Florestas ombrófilas do Sul, Mata Atlântica, Mata dos Pinhais e campos de altitude da Serra da Mantiqueira.	No Brasil, o gênero distribui-se por Goiás e Espírito Santo até o Rio Grande do Sul.	Oligoceno – Mioceno, Formação Itaquaquecetuba – Bacia SP, Fittipaldi, 1990.
Typha spp. e *T.* cf. *T. tremembensis* e *T. fittipaldii* sp. n.	Erva aquática, perene, rizomatosa, hidrófita. Folhas longas, paralelódromas, sésseis invaginantes.	Paludosas. Polinização anemofílica, folhas com ou sem corpos silicosos nas bordas. Plantas monóicas, Cronquist, 1988.	Cosmopolita de regiões temperadas e tropicais.	*Typha tremembensis* Duarte ; Mandarim-de-Lacerda. Oligoc. da Fm. Tremembé. *Typha,* nas Formações Rio Claro e Pindamonhangaba (Plioc.?) Fittipaldii ; Simões, 1994, Mandarim-de-Lacerda et al. 1994.
Alternathera philoxeroide e *Alternanthera* sp.	Erva aquática, hidrófita ou higrófita, estolonífera rastejante, ruderal, nociva sufocante de alagados.	Comuns no Cerrado e Restinga.	Nativa da América do Sul, cosmopolita, exceto Hemisfério Norte – frio.	Registro mais antigo da família, no Santoniano-Campaniano. Mangallón et al. 1999.
Rheedia gardineriana Plack ; Triana e/ou *Garcinia* spp.	Árvores de 15- 45 m de altura. Perenifólias, Heliófitas, com troncos entre 60 e 180 cm de diâmetro.	Desde o nível do mar até 1500m de altitude. Ombrófila densa, na Mata Atlântica.	Gênero neotropical, ocorre por todo Brasil exceto nos estados de PI, TO, GO, RS e MS.	Mioc. e Plioc. de Trinidad e Mioc. do Chile, Quatern. de Umbuzeiro, PB; Berry (1925, 1937a,c), Russas, CE; Morro do Chapéu, BA, Duarte ; Nogueira, 1973 e Plioc. de Pedrão e Maraú, BA. Duarte e Japiassú, 1971.
Aspidosperma cylindrocarpon Müller-Arg, *A. cuspa* (Kunth) S.F. Bleke e *Aspidosperma duartei* sp. n.	Árvore de 8- 16m de altura e tronco de 40- 70 cm de diâmetro. Caducifólia a semidecídua, heliófita, latifoliada.	*Aspidosperma* ocorre no interior de floresta densa e em florestas ripariana, distante da área de inundação.	Gênero neotropical, ocorre no Brasil, no NE, SE e Centro-Oeste.	Paleoc. e Eoc. Do Rio Pichileufú, Argentina; Eoc. Inf. Na Flora de Wilcox; Eoc. Méd. Fm. Claiborne; Eoc. Da Fm. Green River; Berry (1910, 1916, 1924, 1930; 1938).
Fabáceas e *Leguminosites* sp.	As fabáceas são de hábito arbóreo, arbustivo, herbáceo ou lianas. Folhas simples ou compostas, em geral, caducifólias.	As fabáceas são de variados habitats.	Cosmopolitas de áreas tropicais e subtropicais, temperadas quentes e frias.	Paleoceno de Itaboraí, RJ. Mioc. de Trinidad, Peru e Patagônia. Plioc. da Bolívia e de Maraú, BA. Duarte ; Japiassú, 1971.

TABELA 2: Dados ecológicos e geográficos das espécies atuais afins e estratigráficos das espécies ocorrentes na tafoflora de Jaguariúna (SP).

TABLE 2: Ecological and geographical data of the *affinis* extant species and stratigraphical data of the species occurring in the Jaguariúna (SP) taphoflora.

esse método (WOLFE, 1995 e WALLACE, 2003), ele foi empregado como um método paleobotânico para evidências ecológicas.

Associando a taxonomia das formas atuais afins aos *aspectos ecológicos (hábito e habitat), e de distribuição geográfica e estratigráfica*, chega-se ao quadro da Tabela 2, cujos aspectos, indiretamente, estão relacionados ao paleoclima.

A taxonomia das espécies afins àquelas da assembléia fitofossilífera de Jaguariúna, associada às suas exigências edáficas e luminosas, longevidade foliar e porte de vegetal, sintetizadas na Figura 6, ajudam a compor a paisagem e as associações vegetais reinantes na época de vida da tafoflora de Jaguariúna.

Quanto às exigências edáficas das espécies atuais de afinidades mais próximas, tem-se que são, predominantemente, higrófitas dispondo, contudo, de possíveis representantes xerofíticos ou mesofíticos, encontrados em mata aberta ou em terra firme dos cerrados, caatingas e florestas pluviais.

Quanto à luminosidade, a maioria das formas atuais, de afinidades botânicas mais próximas às dessa tafoflora, apresenta predileção por ambiente com elevada taxa de

	Exigências Edáficas			Exigências de Luz		Porte dos Vegetais				Longevidade Foliar	
Gêneros	Higrófita	Xerófita	Mesófita	Heliófita	Ciófita	Nanofanerógama 0,25 a 5m	Microfanerógama 6 a 12m	Microfanerógama 13 a 20m	Mesofanerógama 21 a 45m	Decídua/ Semi	Perenifólia
Elaphoglossum spp.	■				■	■					■
Ocotea pulchella	■			■	■				■	■	
Typha spp.	■			■		■					■
Alternathera pungens	■			■		■					■
Garcinia brasiliana	■	■	■	■				■	■		■
Aspidosperma cuspa/ A. cylindrocarpon	■	■	■		■		■	■		■	
Fabaceae	■		■	■		■	■			■	

FIGURA 6: Taxonomia das espécies da tafoflora de Jaguariúna associada a suas exigências edáficas, de luminosidade e longevidade foliar e porte

FIGURE 6: Taxonomy of the species of the Jaguariúna taphoflora related to their edaphic light exigencies, foliar longevity and size of the plants.

luz. Entretanto, há outras, como demonstra a tabela, que só exigem luminosidade suficiente para realizar suas funções fotossintetizantes, como é o caso do *Elaphoglossum* sp. e da *Aspidosperma cuspa* ou *A. cylindrocarpon*, mais uma vez indicando diferentes estratos vegetacionais.

Quanto à longevidade foliar, as Poales e Malpighiales (*Typha* e *Garcinia brasiliana,* respectivamente) são perenifólias, as Laurales (*Ocotea pulchella*) e as Gentianales (*Aspidosperma*) são semidecíduas, enquanto as *Leguminosites* são, em geral, decíduas. A tendência geral das formas é visivelmente para perenifólias e semidecíduas, caracterizando matas pluviais.

Pelo porte das espécies atuais afins, as espécies fósseis estudadas sugerem ter constituído pelo menos quatro associações vegetacionais distintas:

1) as nanofanerógamas aquáticas – A *Alternanthera* pode ter comportamento hidrofítico, enquanto a *Typha* é higrófita. Ambas constituiriam plantas herbáceas das zonas ribeirinhas ou habitariam corpos aquosos.

2) árvores microfanerógamas – Alguns representantes como as *Leguminosites* teriam de 6-12 m e constituiriam o primeiro estrato vegetal, entretanto, por serem heliófitas, habitam campos abertos. Assim, as *Aspidosperma* seriam representantes de 8-10 m do primeiro estrato arbóreo ciófito. A idéia de comporem um primeiro estrato é corroborada por seu comportamento ciofítico, vivendo à sombra de outras

plantas mais altas.

3) árvores mesofanerógamas – A *Ocotea* apresentaria de 20–30 m de altura e a *Garcinia* de 15–45 m. Ambas constituiriam o segundo estrato vegetacional de heliófitas. A associação de *Aspidosperma, Ocotea* e *Garcinia* é sugestiva de uma Floresta Ombrófila Densa.

4) Epífitas – *Elaphoglossum* – Apareceria sobre troncos, próximo ao chão ou no dossel em lugares úmidos. São ciófitas e habitam o interior da Floresta Ombrófila Densa.

Algumas formas tais como *Ocotea pulchella* exigem ao redor de 600 m de altitude, em Floresta Ombrófila Mista ou Ombrófila Densa, típica do Reino Neotropical, ocorrendo no interior da mata sombria e úmida.

Typha subulata, Typha domingensis e *Elaphoglossum* exigem solos encharcados e as *Alternanthera,* provavelmente, vivessem à margem e dentro de corpos aquosos, tornando-os anóxicos.

As leguminosas poderiam ter vivido em áreas um pouco mais secas e mais distantes do ambiente deposicional, embora constituindo ainda parte das matas ciliares.

Garcinia, apesar de poder ocorrer na Caatinga e na Mata de terra firme, é típica da Floresta Amazônica e Mata Atlântica, sendo árvore de porte elevado (15- 25 m de altura), perenifólia e heliófita. Talvez constituíssem o dossel junto às *Ocotea* com 20-30 m de altura.

A concentração maior e quase exclusiva de *Typha* sp no nível fitofossilífero superior sugere que essas plantas, típicas de borda em solos encharcados de corpos aquosos, habitavam, abundantemente, a área ribeirinha próxima à de deposição, excluindo possivelmente outras formas vegetais ripariannas.

Esses sedimentos parecem estar relacionados a depósitos de ambiente de planície de inundação, dentro de um contexto fluvial meandrante, de baixos gradientes e áreas alagadas sob clima muito quente e úmido, com forte intemperismo químico (DOS-SANTOS et al., 2006).

A flora de Jaguariúna é, relativamente, bem diversificada, sendo possível detectar cerca de 21 formas diferentes em 312 espécimes, selecionados por seu melhor estado de preservação. Essa diversificação, mais ou menos alta, é típica de vegetação de clima tropical úmido.

Portanto, são plantas que, por sua taxonomia, indicam afinidades botânicas com formas predominantemente higrofíticas, heliófitas (poucas esciófitas), perenifólias

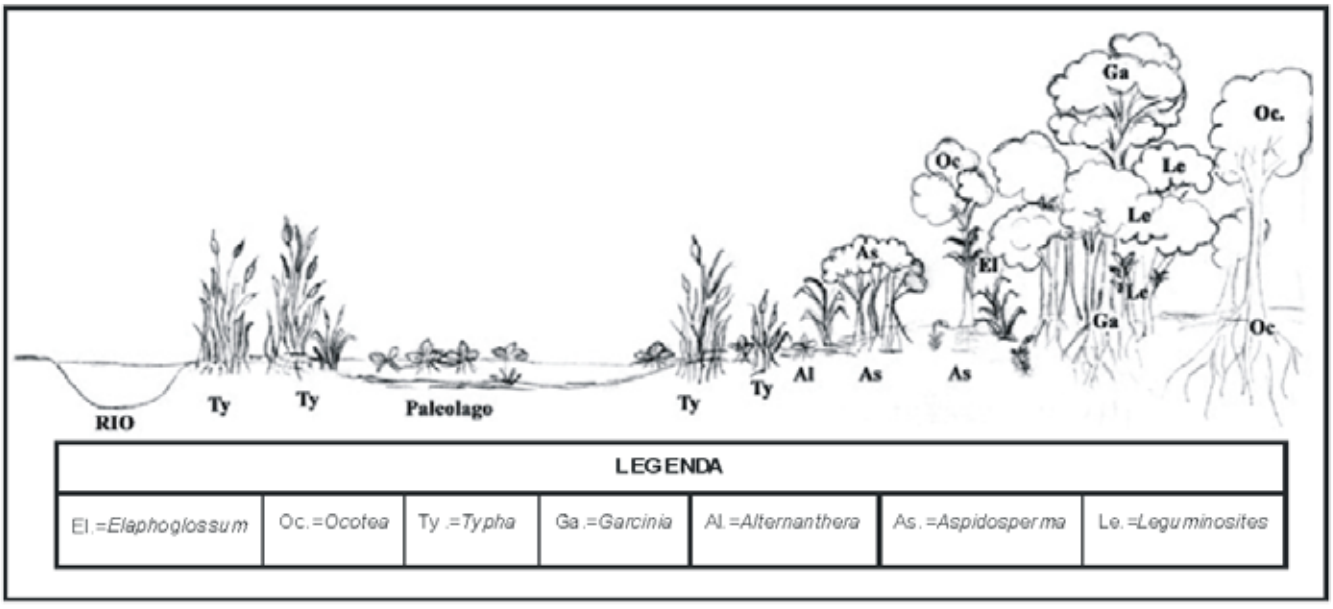

FIGURA 7: Reconstituição paleoflorística da área de Jaguariúna (SP).
FIGURE 7: Paleofloristic reconstruction of the Jaguariúna area (SP).

em sua maioria, constituindo pelo menos três associações vegetacionais distintas: uma que habitava corpos aquosos e solos úmidos encharcados, outra ripariana, de terrenos inundáveis anualmente e ainda outra de bosque de terra firme. Esse bosque, por sua vez, apresenta pelo menos 3 estratos: os de nanofanerógamas (herbáceas e arbustos de até 5 m de altura), como *Leguminosites* e *Elaphoglossum* (este a fixar-se em solos úmidos ou troncos caídos ou ainda como epífitas sobre troncos de árvores), um estrato de microfanerógamas (árvores de 6 a 20 m) tipo *Leguminosites* e *Aspidosperma* e um de mesofanerógamas (de 21 a 45 m) como *Ocotea* e *Garcinia* a constituir a canópia. Figura 7.

Método Fisiognômico

Numa tentativa de fazer análises paleobotânicas mais quantitativas, pesquisadores começaram a caracterizar floras fósseis com base nas feições foliares ou fisiognomia foliar. Por limitar as análises fósseis, somente a folhas, esse método restringe a aplicabilidade, mas evita o perigo do uso de fósseis tais como caules, sementes, grãos de pólen, que são de mais difícil identificação e não exibem traços marcantes influenciados por fatores ambientais (WALLACE, 2003). Algumas dessas características incluem margem lisa x denteada, proporção largura x comprimento variáveis e ápices truncados por alongados, entre outros caracteres fisiognômicos segundo esquema de Wolfe (1993).

O método fisiognômico começa por relacionar características de folhas modernas aos parâmetros climáticos (WOLFE, 1995). As assembléias foliares são coletadas de regiões limitadas para as quais há dados meteorológicos disponíveis. As folhas são, então, medidas para uma variedade de características, incluindo tamanho, proporção, forma, presença ou falta de dentes marginais, e muitos outros. A partir dessas medidas a percentagem de amostras dentro de uma assembléia, exibindo certo traço, é calculada. Uma análise de correspondência multisseriada é aplicada para as porcentagens de todas as amostras dando o nome CLAMP (Climate Leaf Analysis Multivariate Program) para o método. Wolfe (1993) achou que, em assembléias modernas, 70% de variação fisiognômica poderia ser explicada por estresse (pressão) da temperatura e água. A aplicação do método CLAMP para a flora fóssil assume que os parâmetros climáticos podem explicar a variação fisiognômica. Então, essa variação pode ser usada para inferir os parâmetros climáticos (GREEN, 2006).

O método CLAMP requer que a assembléia contenha acima de 20 espécies analisadas em, aproximadamente, 30 caracteres fisiognômicos diferentes. Esse método é, estatisticamente, seguro e objetivo para caracterização de uma assembléia de dicotiledôneas lenhosas. Por ser o método puramente matemático, as folhas são medidas e as assembléias tratadas com uma análise de correspondência, etc. Há, portanto, poucas chances para a subjetividade, que tanto prejudica o método NLR. Sem dúvida, a mais importante deficiência do método CLAMP está bem escondida atrás do rigor estatístico. Por ser um método puramente estatístico, não há considerações físicas ou biológicas atrás da classificação de assembléias ou das análises de correspondências. Por exemplo, embora uma característica, tal como tamanho foliar, possa ser usada para predizer a temperatura média anual completamente bem, nenhum estudo botânico tem ainda fornecido uma explicação física ou fisiológica sobre por que o tamanho está relacionado à temperatura. Também, a contagem de 30 ou mais feições pressupõe que essas características são independentes, uma suposição improvável para a flora em evolução. Explicações qualitativas para as características são abundantes, muitas das quais são completamente razoáveis e sugerem que o método fisiognômico está no caminho certo. Apesar disso, as questões teóricas ainda permanecem, e no método CLAMP há sempre a incerteza de que talvez folhas denteadas ou grandes, estreitas ou alongadas, etc., no Terciário, corresponderiam ou não ao mesmo estresse ambiental que as folhas denteadas de hoje (WALLACE, 2003).

Para a tafoflora de Jaguariúna, não foi empregado o método "CLAMP" devido a impossibilidade de se obter 30 caracteres fisiognômicos diferentes a partir de seus elementos foliares. Todavia, foram realizadas algumas considerações estatísticas preliminares dos caracteres fisiognômicos disponíveis os quais foram relacionados a gráficos do programa de análise multivariada da folha/ clima de Green (2006).

Do ponto de vista de *análise morfográfica*, a assembléia fossilífera conta com mais de 600 espécimes foliares, cuja preservação, na forma de impressão recoberta por pátina esbranquiçada (de caulim) não permite observar, na maioria dos casos, além do contorno foliar, da veia primária e de rara e difusa venação secundária. A partir de uma triagem preliminar, percebeu-se que dos 600 espécimes examinados, somente 160 (26,7%) apresentavam-se inteiros e passíveis de análise morfográfica mais acurada (Figura 8a).

Dos 160 espécimes estudados preliminarmente, a maioria dos *tamanhos foliares* é, geralmente, de micrófilos (57% com área entre 240-1500 mm^2), com relativa abundância de nanófilos (39% com área entre 67-216 mm^2), raríssimos notófilos (2%, com área ao redor de 2.450 mm^2) e leptófilos (2%, com área entre 10-15 mm^2), Figura 8b; quanto à

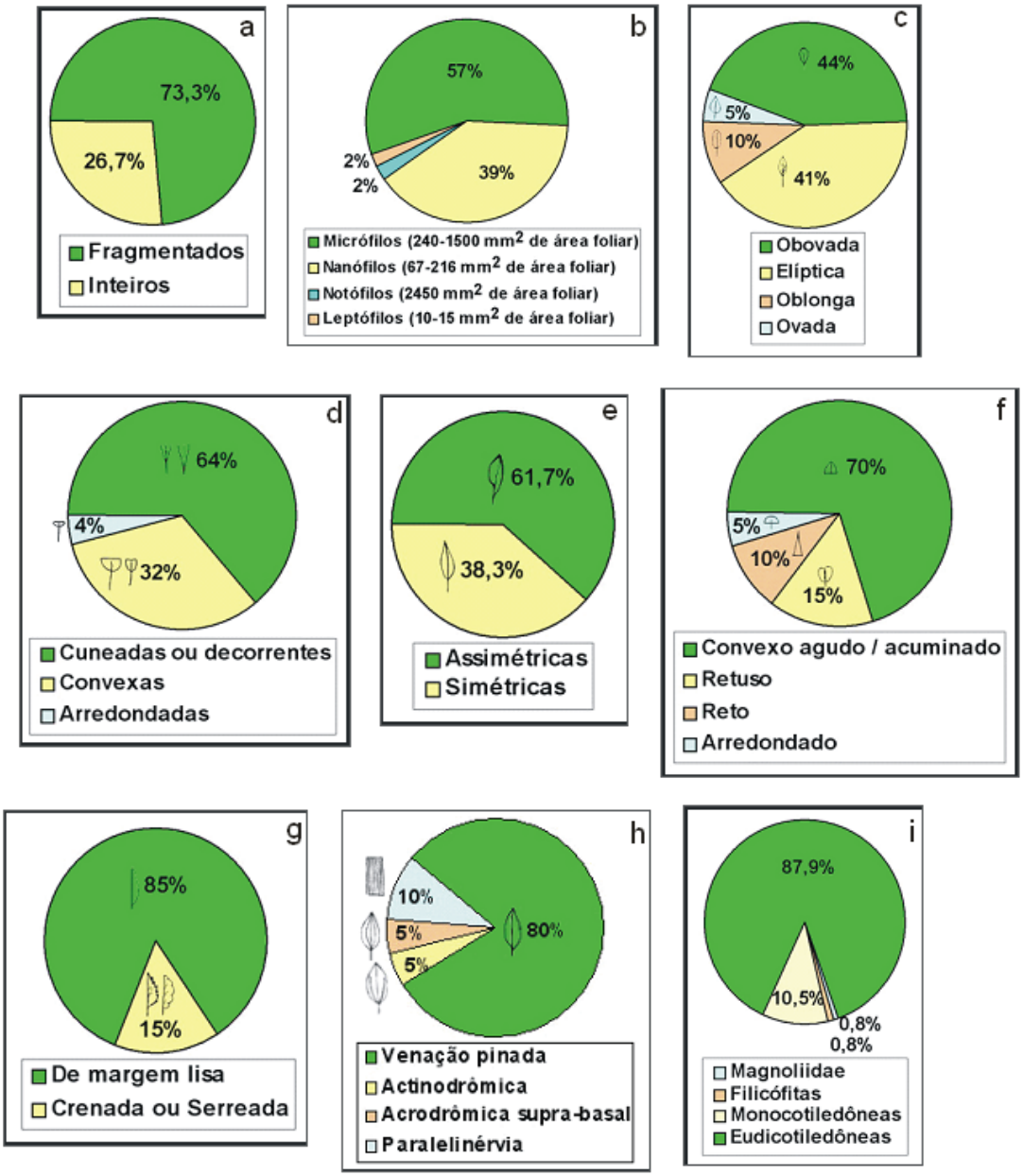

FIGURA 8: a) Espécimes fragmentados *versus* inteiros; b) Porcentagem das áreas foliares; c) Porcentagem das formas foliares; d) Porcentagem das formas de bases foliares; e) Porcentagem de assimétricas x simétricas; f) porcentagem de formas de ápices foliares; g) Porcentagem de margens lisas *versus* crenadas ou serreadas; h) Porcentagem de tipos de venação primária; i) Porcentagem dos grupos taxonômicos na tafoflora.

FIGURE 8: a) Fragmented *versus* complete specimens; b) Leaf lamina area percentage; c) Foliar shapes pencentage; d) Foliar base shape percentage; e) Asymmetry *versus* crenate or dentate or serrate margin percentage; h) Primary vein types percentage; i) Taxa groups percentage in the taphoflora.

morfologia, a maioria oscila entre obovada (44%) e elíptica (41%), Figura 8c. Os *ápices* são, geralmente, convexos de ângulo agudo / acuminado (70%), havendo alguns retos e retusos ou arredondados. Figura 8d; as *bases* são cuneadas ou decorrentes (64%), havendo algumas convexas ou raras arredondadas. Figura 8e. Quanto à *simetria*, a maioria é assimétrica (61,7%), Figura 8f. A *margem foliar* mais freqüente é a lisa (85%), sendo raras as crenadas e serradas. Figura 8g. Entre as *veias primárias*, predomina a do tipo pinado (80%), havendo acrodrômicas supra-basais, actinodrômicas e paralelinérveas. Figura 8h. Foi possível, considerando esses caracteres, reconhecer, inicialmente, 16 morfotipos distintos de folhas. Desses, 96% seriam angiospermas eudicotiledôneas e 4% monocotiledôneas e filicófitas. Figura 8i.

A pequena quantidade de formas inteiras está, em parte, relacionada a problemas de coleta, de preparação e de armazenamento, entretanto, há casos associados à distância maior de transporte desde a planta mãe até o ambiente de deposição ou resultados de predação por animais ou fungos, anterior à deposição.

O predomínio de formas foliares micrófilas e nanófilas pode estar associado, conforme Wolfe; Upchurch (1987), a condições de umidade e/ou temperatura relativamente mais baixa ou altitudes elevadas. Entretanto, a presença de formas notófilas, (de 2025 a 4500m^2) nem sempre é detectada devido alto índice de fragmentação. Esse caráter, se detectado, contrariamente, indicaria disponibilidade de água, mesmo que fosse a profundidades maiores, no caso de plantas xeromórficas, ou seja, com raízes profundas. Além disso, haveria possibilidade de interpretar a ausência de formas maiores como uma deposição preferencial ou seletiva de formas foliares menores no local estudado, ou ainda, devido ao predomínio de formas pequenas/folíolos, taxonomicamente, associados às folhas compostas, como é o caso das leguminosas, presentes nessa flora e nem sempre associadas a climas mais secos, mas ao contrário, a uma grande umidade.

Green (2006: Figura 5) demonstrou, graficamente através de programa de análise multivariada folha / clima (CLAMP) haver uma relação direta entre formas elípticas e/ou obovada a margem inteira, bem como a micrófilos (ZMi3) e a notófilos (ZMe1). Por sua vez, a margem inteira ou lisa, na percentagem de 85%, segundo Green (2006 : Figura 1), corresponde a uma temperatura média anual (MAT) de ~25ºC. Este fato leva a sugestão que a flora de Jaguariúna estaria submetida, em sua época, a uma temperatura média anual 5ºC superior à atual (20ºC).

A alta percentagem de ápices convexos agudos ou acuminados, que somados aos retos atingem 80% da população foliar, é fortemente sugestiva de plantas de estratos inferiores de florestas úmidas, conforme Wolfe; Upchurch (1987) e Fittipaldi (1990). Por outro lado, a pequena percentagem de formas de ápice arredondado, como a *Garcinia* sp, poderia estar relacionada a estratos de cobertura (dossel), onde a umidade é menor. Os 15% de ápices emarginados, em geral, estariam associados a folíolos de leguminosas, encontráveis em climas úmidos e subúmidos, conforme aqueles autores. A presença de floresta estratificada é sugestiva de clima úmido.

As predominantes bases cuneadas decorrentes e convexas, segundo Green (2006: Figura 5), possuem correlação fortemente positiva com margem inteira, o que corroboraria a associação à temperaturas elevadas.

As folhas coriáceas e/ou provavelmente carnosas, de formas tais como: *Alternanthera* e *Typha*, estariam relacionadas a comunidades higrófitas enquanto, as folhas coriáceas de *Garcinia* poderiam estar relacionadas à presença no dossel. Portanto, mais uma vez relacionada a uma floresta estratificada, ou seja, tropical úmida.

O caráter venação está mais relacionado ao tipo taxonômico não sendo considerado aqui.

Para os 312 exemplares analisados e identificados, taxonomicamente, foi obtida uma *grande diversidade de formas* (21 tipos distintos ou mais, perfazendo uma proporção de 1 tipo para cada 15 exemplares). Este fato ao lado do, já enfatizado, predomínio de margem lisa e de ápice convexo de ângulo agudo ou acuminado, também constitui evidência de adaptações a clima quente, úmido, de baixas a médias altitude e latitude.

Portanto, a análise morfográfica também sugere uma predominância de formas típicas de clima tropical úmido. Entre estas, há folhas de margem lisa e de ápice convexo de ângulo agudo, que são evidências de adaptações a esse tipo de clima, de baixa altitude (mais ou menos 600 metros) e de baixa latitude, corroborando assim os dados fornecidos pela geologia. Também o flagrante predomínio da margem lisa (85%), indica temperatura superior a 25ºC pelo programa de análise multivariável folha / clima de Green (2006). O predomínio de áreas foliares pequenas (nanófilos e micrófilos) indica provável deposição seletiva de tamanho, em planície de inundação com um possível domínio de leguminosas.

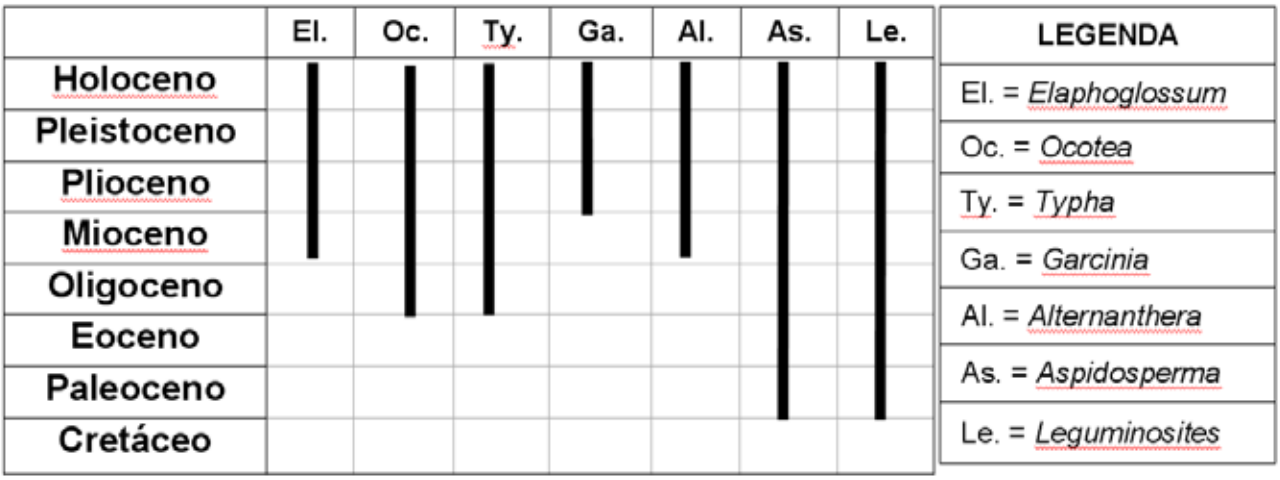

FIGURA 9: Distribuição estratigráfica sul-americana dos gêneros encontrados na tafoflora de Jaguariúna.
FIGURE 9: South American stratigraphical distribution of the genera found in the Jaguariúna taphoflora.

Logo, por todas essas evidências e outras ainda relacionadas à ecologia de formas botânicas atuais afins, a área deveria estar coberta por uma Floresta Ombrófila Densa de altitude entre 600 e 1000 m, portanto, uma vegetação de clima mais úmido e mais quente do que o atual.

A comparação com outras tafofloras neógenas conhecidas sugere pequenas semelhanças (Figura 7) porque, à exceção da tafoflora de Vargem Grande do Sul, todas são pouco conhecidas e mal preservadas.

Embora os macrofósseis vegetais não sejam bons indicadores cronológicos, de uma maneira geral, ao observar-se à distribuição estratigráfica sul-americana dos gêneros estudados, verifica-se que, possivelmente estariam sugerindo uma idade neógena. Figura 9.

Tendo em vista a idade neógena sugerida aqui pela distribuição estratigráfica dos gêneros componentes da tafoflora e o clima mais quente e úmido evidenciado por ela e pela própria litologia, haveria uma maior indicação para a idade miocena, visto que o Plioceno é caracterizado por um clima global mais frio e seco rumo à glaciação pleistocena.

Métodos Mineralógicos

O estudo da amostra pelítica do nível fitofossílifero inferior de Jaguariúna constou de análises mineralógicas por difração de raios X e análises texturais por microscopia eletrônica de varredura, cujos procedimentos laboratoriais adotados são descritos a seguir.

Difração de raios X

As análises por difração de raios X (DRX) visaram à caracterização da mineralogia global do pelito a partir de amostra total e da fração menor do que 1μm. Para tanto, foi utilizado o Difratômetro Siemens D5000 instalado no Laboratório de Difração de Raios X do Departamento de Geotectônica e Mineralogia do Instituto de Geociências (IGc) da USP, e operando com radiação CuKα, 40kV, 40mA, e goniômetro em condições rotineiras com velocidade de 2° 2 θ/min, passo de 0,02° e tempo de contagem de 1 segundo. Para a interpretação e o tratamento gráfico dos difratogramas de raios X foi utilizado o software EVA, versão 1997, elaborado pela Siemens, contando com fichas de identificação do *Joint Committee on Power Diffraction Standards* (JCPDS).

A preparação da amostra total incluiu a moagem em almofariz de ágata e prensagem do pó em lâmina de vidro. A preparação da amostra para o estudo mineralógico da fração argila menor do que 1 μm incluiu as etapas de:

1) desagregação com água destilada em almofariz de cerâmica com pistilo de borracha; 2) exposição ao ultra-som por, no máximo, 10 minutos; 3) adição de 50mg de pirofosfato de sódio; 4) pipetagem e centrifugação da fração menor do que 1μm. O estudo mineralógico dos argilominerais foi efetuado a partir da obtenção de difratogramas de raios X para a amostra em seu estado natural (seco ao ar) e após tratamentos específicos como solvatação com etilenoglicol, por pelo menos, 12 horas, e aquecimento a 550°C por 2 horas. Os difratogramas foram obtidos na faixa entre 2° e 30° 2θ.

A interpretação dos difratogramas obtidos para o material natural, solvatado com etilenoglicol e aquecido foi feita por comparação com difratogramas padrões de argilominerais (e.g. MOORE; REYNOLDS, 1997).

Microscopia eletrônica de varredura

Estudo por microscopia eletrônica de varredura com microanálise pontual por energia dispersiva acoplada (MEV/EDS) foi efetuado para a observação da morfologia dos grãos individuais, em especial aqueles de granulação fina e da textura do pelito, bem como para obtenção de dados químicos qualitativos para as fases minerais.

Estas análises permitiram interpretar a gênese do argilomineral que constitui o pelito, pela comparação da morfologia imageada com aquelas já disponíveis na literatura (*e.g.* WELTON, 1984; OBRIEN; SLATT, 1990). Para tanto, foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura LEO440i do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do IGc-USP.

A preparação da amostra incluiu as etapas de secagem em estufa com temperatura controlada (~30ºC), adesão de um fragmento de amostra indeformada com cerca de 3-5mm sobre um suporte e metalização por carbono.

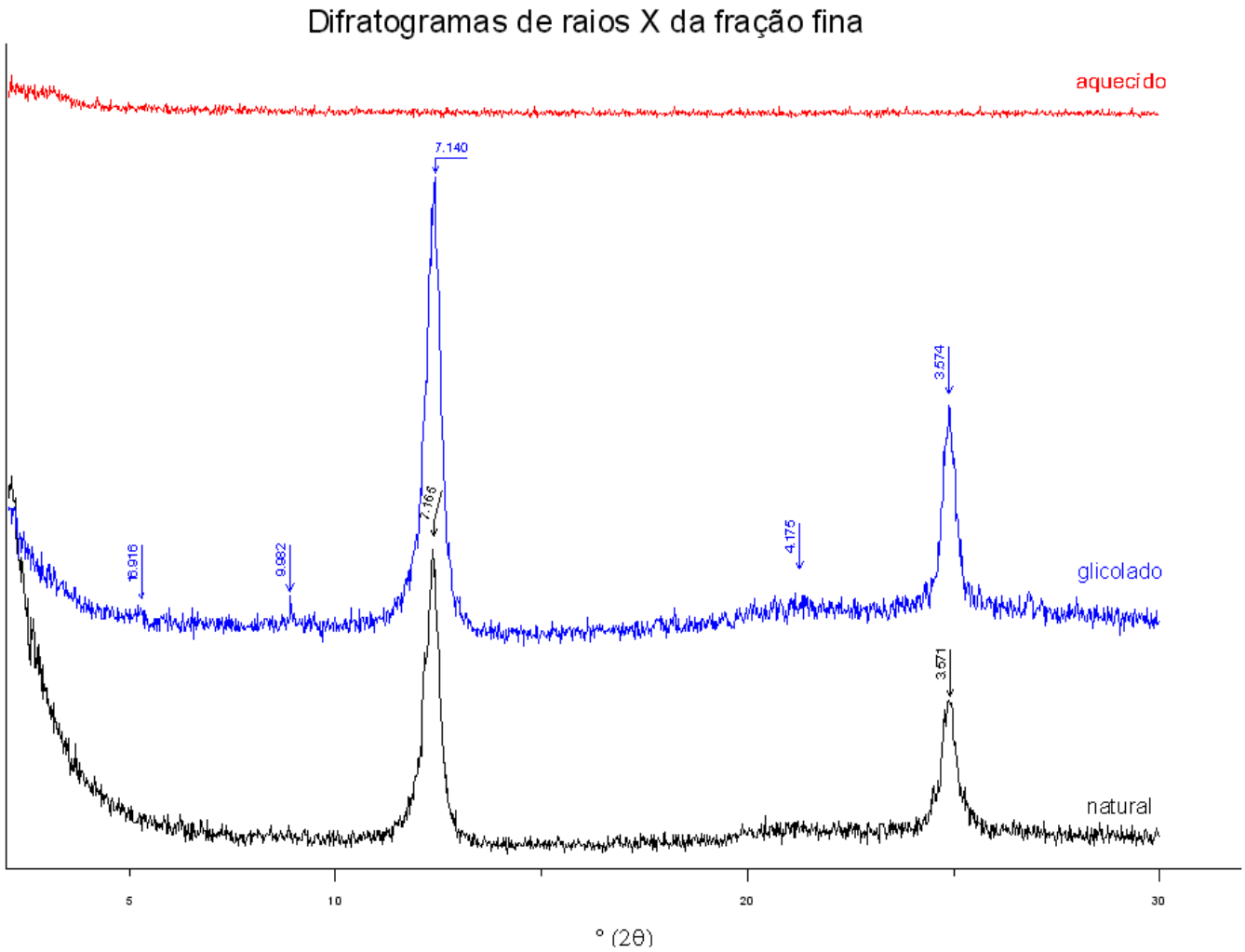

FIGURA 10: Difratogramas de raios X da fração fina inferior a 1µm do pelito fossilífero, obtidos após secagem ao ar (natural), solvatação com etilenoglicol (glicolado) e aquecimento a 550°C/2h (aquecido). K - caulinita.
FIGURE 10: X-ray diffraction patterns (Cu Kα radiation) of the clay fraction (< 1µm) of the fossiliferous mudstone (natural = air-dried; glicolado = ethylene-glycol solveted; aquecido = heated 550º C/2h). Basal spacings in angstrom.

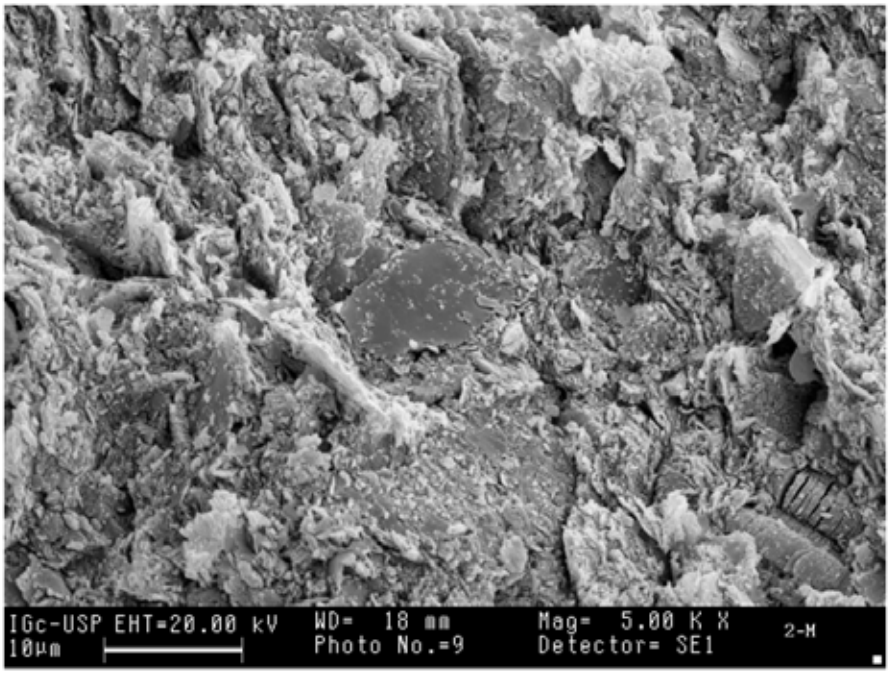

FIGURA 11: Visão geral do grão de mica detrítica envolta na matriz argilosa.
FIGURE 11: Scanning electron micrograph showing a detrital mica grain in the massive clay matrix.

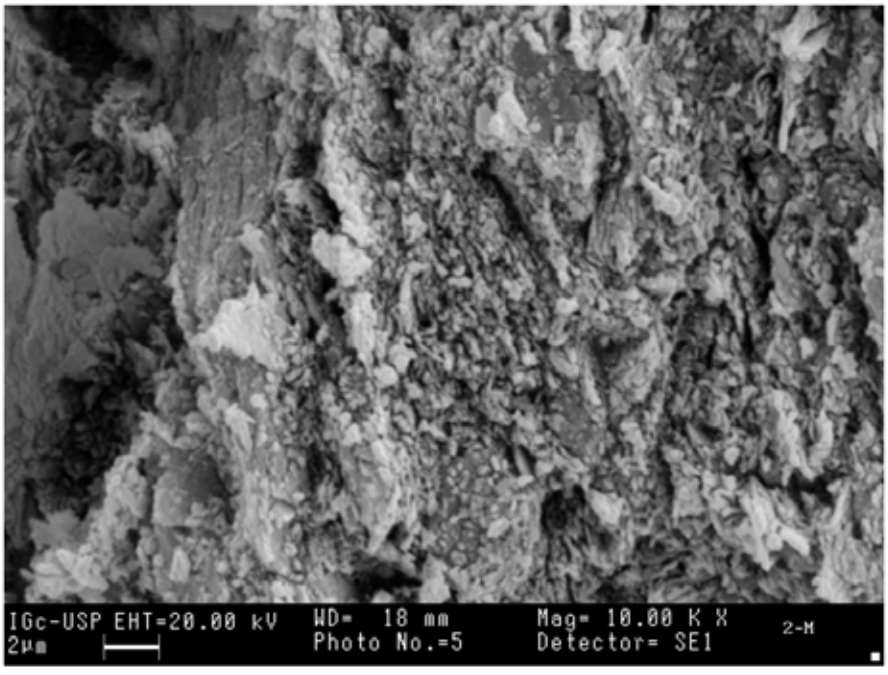

FIGURA 12: Detalhe da matriz caulinítica, mostrando o aspecto globular e a granulação fina do argilomineral.
FIGURE 12: Detailed view of the matrix composed of fine grained detrital kaolinite with globular texture.

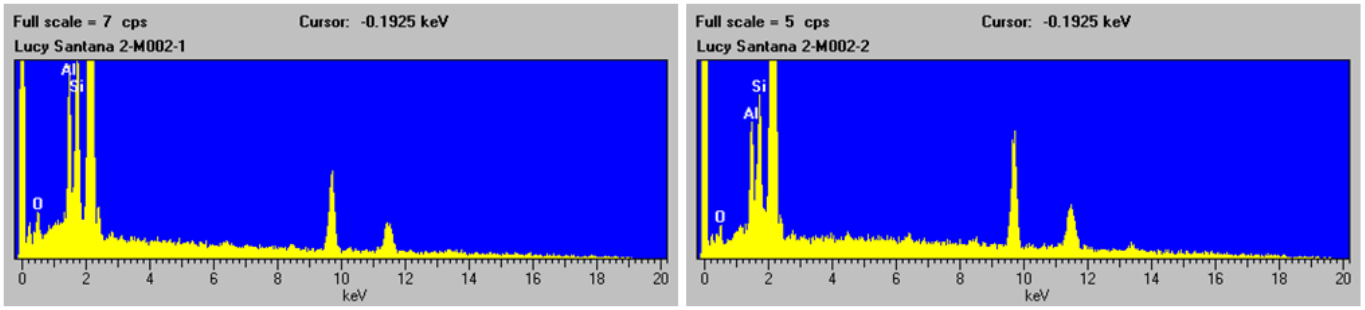

FIGURA 13: EDS da cauliníta autigênica mostrando sua composição rica em Si e Al.
FIGURE 13: EDS spectrum of authigenic kaolinite containing Si and Al.

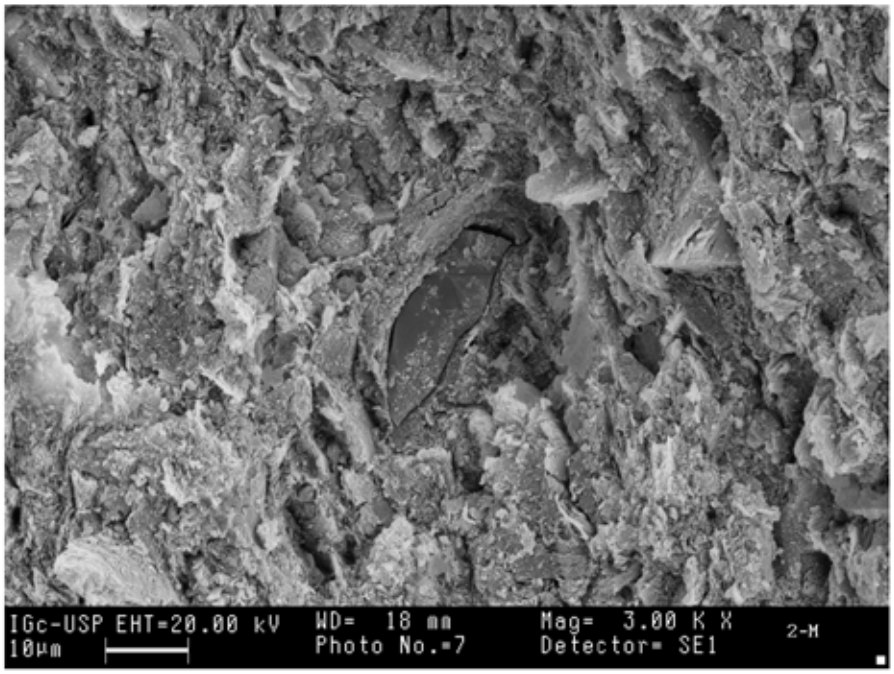

FIGURA 14: Visão geral de grão de quartzo detrítico envolto na matriz argilosa.
FIGURE 14: General view of a detrital quartz grain in the massive clay matrix.

RESULTADOS

As análises por difração de raios X mostraram que o pelito é composto essencialmente por argilomineral do tipo caulinita. A identificação do argilomineral foi efetuada a partir dos difratogramas natural, glicolado e aquecido da fração fina. As reflexões basais 001 (7,16Å) e 002 (3,57Å) da caulinita apresentam-se com alta intensidade nos difratogramas natural e glicolado e desaparecem no difratograma da amostra aquecida, o que caracteriza a presença desse mineral.

Além da caulinita, quartzo e mica também estão presentes no pelito, ocorrendo em menores quantidades, conforme observado no difratograma de raios-X da amostra total (Figura10).

As análises por microscopia eletrônica de varredura revelaram que o pelito fossilífero é formado por uma matriz argilosa maciça (Figura 11), composta essencialmente por caulinita com morfologia globular ou em placas com bordas irregulares (Figura 12), contendo alumínio e silício em sua composição (Figura 13). Essas morfologias sugerem a origem detrítica da caulinita e, conseqüentemente, da matriz por ela formada. No pelito, ainda ocorrem quartzo e placas de mica (Figuras 14 e 15), ambos minerais detríticos e caulinita sanfonada de origem autigênica (Figuras 16 e 17). No momento, não é possível afirmar se a autigênese se deve a diagênese ou ao intemperismo do pelito.

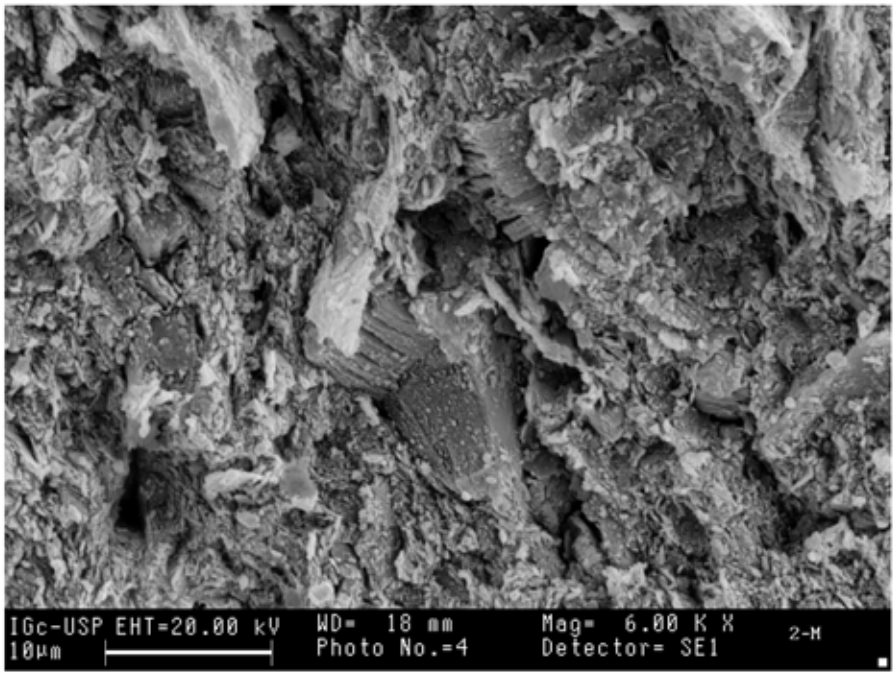

Figura 15: Detalhe da cauliníta autigênica.
Figure 15: Detail showing the authigenic kaolinite.

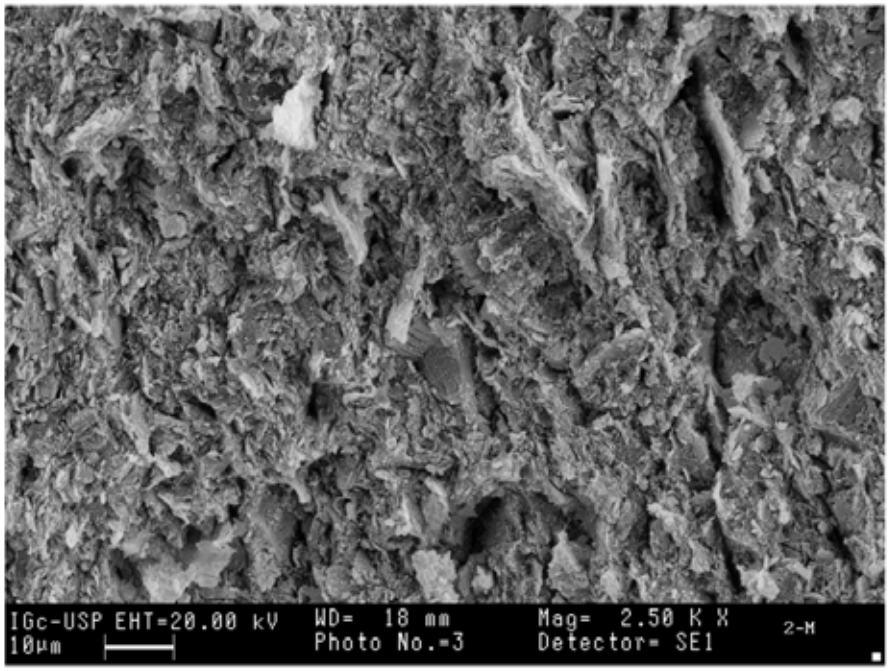

Figura 16: Visão geral da matriz detrítica e de cauliníta em sanfona autigênica.
Figure 16: General view of the detrital matrix and the authigenic vermiform kaolinite.

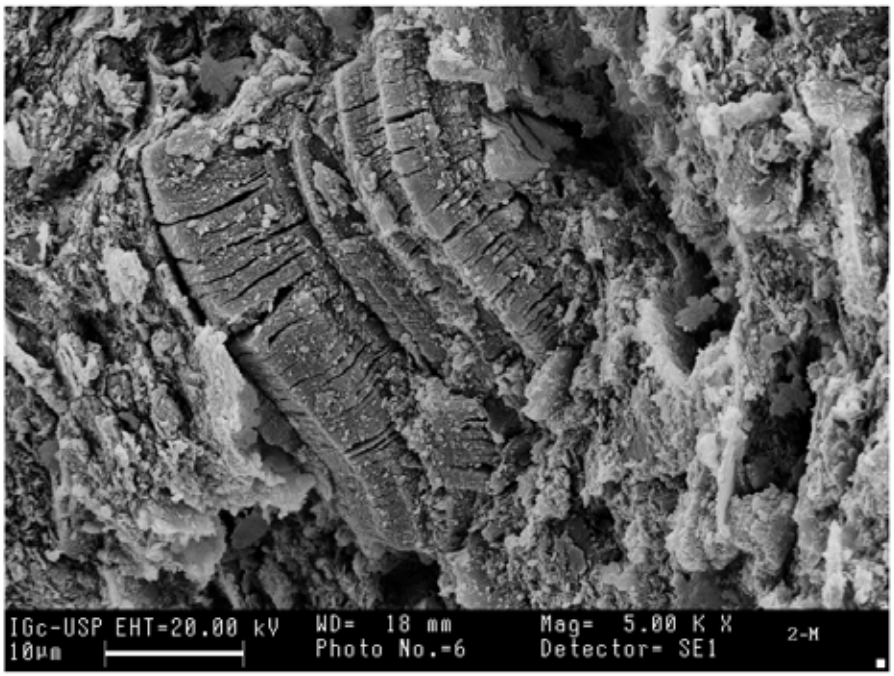

Figura 17: Detalhe da cauliníta autigênica na matriz argilosa detrítica.
Figure 17: Enlarged view showing the authigenic kaolinite in the detrital clay matrix.

CONCLUSÕES

Origem dos Sedimentos - Fonte

A tafoflora de Jaguariúna, ocorrente na área centro-oriental do Estado de São Paulo, na borda leste da Depressão Periférica, próxima ao Planalto Atlântico, está preservada em argilitos neocenozóicos, amarelo-alaranjados, variegados ou esbranquiçados, ricos em caulinita, estratificados ou maciços, e intercalados com arenitos finos exibindo estratificação cruzada.

Esses sedimentos foram correlacionados à fácies de argila laminada com impressões de folhas e caules, depositados em planície de inundação (Trcm) da Formação Rio Claro, provavelmente num contexto de sistema fluvial meandrante, por Melo et al. (1997). Anteriormente, Fernandes et al. (1994) referiram-se a essa argila laminada da região de Paulínia - Jaguariúna como sedimentos correlatos à Formação Rio Claro. Aliás, pode-se observar o mesmo ponto de vista já apresentado por Cavalcante et al. (1979), no mapa da Figura 3.

A granulação fina do pelito, conforme observada nas imagens de MEV, é coerente com deposição em ambiente de planície de inundação, onde argila seria o sedimento predominante e poderia, por vezes, intercalar-se com camadas de areia.

A origem detrítica dos minerais (caulinita, quartzo e mica) que constituem o argilito, sugere que o material originou-se em áreas-fontes vizinhas ao sistema fluvial. A composição essencialmente caulinítica da matriz é sugestiva de área-fonte intemperizada por reações químicas do tipo hidrólise, com formação de paleossolos ricos em filossilicatos 1/1, onde a caulinita costuma ser o principal produto gerado pela alteração da rocha-mãe. Esse processo é típico de regiões tropicais úmidas, com estações chuvosas prolongadas, onde existe alguma coerência entre o tipo de minerais novos formados e o grau de intemperismo atuante (CHAMLEY 1989, WEAVER, 1989, PAQUET & CLAUER 1997). Quartzo e mica, presentes na rocha-mãe ainda não completamente intemperizada, foram transportados junto com a matriz argilosa para o ambiente deposicional.

Ainda que não se tenha dados mineralógicos para os argilominerais dos demais ambientes do sistema fluvial (ex: depósitos de canal), acredita-se que a composição essencialmente caulinítica do argilito fossilífero e sua paleoflora evidenciam, de forma conjunta, a vigência de clima úmido e quente às épocas de formação dos paleossolos na área-fonte, transporte e deposição dos sedimentos.

O fato de não haver matéria orgânica preservada

leva a supor que toda matéria vegetal, após soterramento, foi lixiviada, ficando apenas uma pátina esbranquiçada de provável caulinita, resultante de intemperismo, sobre a impressão do fóssil, constituindo um contra-molde.

Ambiente de Deposição / Aspectos Tafonômicos

A Tafonomia (taphos = sepultamento; nomos=leis), conforme a concepção de Mendes (1988), "é o ramo da Paleontologia que se devota, primariamente ao estudo das condições e processos que propiciam a preservação de restos de organismos pré-históricos ou de vestígios deixados por esses organismos".

Essa designação foi proposta por Efremov (1940 *apud* MENDES, 1988) que a definiu como: "the laws that drive death".

Diferentemente de Martins-Neto e Gallego (2006), que envolvem tafonomia com biocenose, tanatocenose e orictocenose, termos esses relativos a associações de vida e morte dos organismos, Mendes (1988) a relacionou apenas com a fase de *post mortem* até o sepultamento. Considerou a tafonomia como ciência que estuda a preservação de cada resto orgânico dividindo em duas fases: a primeira fase (designada bioestratinomia), que vai desde a morte do indivíduo até seu sepultamento em sedimentos, envolvendo transporte e soterramento e a segunda fase (denominada fossildiagênese), que se inicia após o soterramento, abrangendo todos os eventos pós-deposicionais ligados à preservação de restos orgânicos ou de seus vestígios. Os processos relacionados à bioestratinomia (*sensu* MENDES, 1988), como bem caracterizaram Martins-Neto e Gallego (2006), envolvem fatores físicos e químicos que podem ser assim listados: distância de transporte; tempo de flutuação, taxa de decomposição, taxa de mineralização e taxa de sedimentação.

No caso dos fitofósseis da tafoflora ou orictocenose fitofossilífera de Jaguariúna, a distância de transporte foi variável mas, em geral, não muito longa, em se tratando em sua grande maioria de folhas. Spicer (1981) tem afirmado que as floras, em geral, não suportam transporte muito maior que 100 m a partir de sua planta-mãe, até o sítio de deposição por problema de decomposição orgânica rápida.As folhas, após se destacarem da planta-mãe, flutuam no agente transportador por uns dois ou três dias, envolvidas numa gelatina de decomposição, indo logo a seguir ao fundo.

Sabe-se que, de acordo com sua taxonomia, as plantas da flora de Jaguariúna envolviam associações mais aquáticas ou que viviam próximas à água, em áreas paludosas ou de inundação, como *Alternathera* sp e tifáceas; algumas teriam vivido na planície de inundação anual como *Aspidosperma* e Leguminosas, enquanto outras viveriam em florestas úmidas densas e de terra firme como as atuais *Ocotea pulchella, Garcinia* spp, incluindo ainda *Aspidosperma* spp e Fabáceas. Ai, proliferariam também aquelas epífitas como *Elaphoglossum* que ocorrem sobre troncos de árvore vivos ou em decomposição ou próximos ao chão, dentro da mata densa, sombreada e úmida. Assim, as primeiras formas (*Alternanthera* e Tifáceas) quase não sofreram transporte para o interior do corpo aquoso no qual foram sedimentadas, enquanto formas tais, como *Ocotea, Garcinia, Aspidosperma,* Fabáceas (*Leguminosites*) e *Elaphoglossum* teriam sofrido um transporte um pouco mais longo, contudo não muito superior a uns 100 m do ambiente de deposição. O tempo de flutuação das formas não deve ter sido grande, já que as folhas quase sempre se depositam na borda de corpos aquosos, conforme Duparque (1933, apud EMBERGER, 1968). As formas que percorreram maior distância até a deposição são as que aparecem mais fragmentadas (*Garcinia* e *Ocotea)* e/ou foram encontradas desarticuladas, principalmente, em se tratando de folíolos de leguminosas.

Quanto à taxa de sedimentação, deveria ser muito lenta a julgar pela litologia, extremamente fina e resultante de intemperismo químico intenso (caulinita). A taxa de decomposição deveria ser rápida, devido ao ambiente raso e oxidante, todavia, a argila muito plástica, que envolvia as folhas, deveria moldá-las com rapidez. O micro-ambiente um tanto ácido em torno da folha em decomposição (com desprendimento de CH_4 e H_2S) talvez impedisse a precipitação do hidróxido de ferro, dissolvido na água, ao redor do próprio fóssil mantendo a argila na forma de pátina branca envolvendo-o.

Outra hipótese para explicar a pátina esbranquiçada sobre as impressões foliares seria que os órgãos foliares, principalmente os espessos, uma vez soterrados, seriam moldados, isto é, teriam sua superfície impressa nos sedimentos argilosos plásticos. Depois, sua matéria orgânica seria lixiviada por água vadosa. O espaço vazio, correspondente ao ocupado anteriormente pela folha, seria então preenchido por uma solução argilosa esbranquiçada que constituiria uma espécie de contra-molde do órgão foliar.

A moldagem não teria sido mais detalhada devido, às vezes, à granulação um pouco mais grossa dos sedimentos

ou ao tempo curto de decomposição da folha e em alguns casos à textura mais coriácea de alguns órgãos foliares, que ocultaria sua venação. Uma lixiviação intensa, em áreas de planície de inundação, ter-se-ia seguido. Por outro lado, o intenso intemperismo químico atual tem acelerado e sido responsável pela destruição ou colaborado para a má preservação dos fósseis.

A disposição caótica dos fósseis superpostos no nível inferior é evidência de ambiente de deposição calma, sem correnteza e com menor aporte de sedimentos para o seu interior.

A direção de alongamento dos fósseis é tendenciosa, embora não completamente definida, para N28W e N30W o que poderia sugerir uma possível fonte a SE.

A preservação pobre, desprovida de detalhes de venação, poderia estar relacionada também a uma lixiviação intensa posterior e inclusive na época de deposição.

O material do nível fossilífero inferior, rico em formas foliares menores (micrófilas e nanófilas representando mais de 80%) poderia ser indicador de seleção deposicional em área de planície de inundação, ou sugerir uma certa concentração de Leguminosas (semidecídua), ripárianas.

Em síntese, as feições morfográficas, taxonômicas dos fitofósseis e as litológicas apontam para um clima tropical úmido, existente na área, ocupada por uma floresta tropical úmida, tendo como ambiente deposicional uma planície de inundação numa paisagem de rios meandrantes.

BIBLIOGRAFIA

AKHMETYEV, M.A. Caenozoic Floras. *In:* Meyen, S. V. 1987. *Fundamentals of Palaeobotany*. Chapman ; Hall, London, p. 328-346. 1987.

ALMEIDA, F.F.M. – Novas ocorrências de camadas supostas pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. *Boletim Sociedade Brasileira de Geologia*, **1**(1): 53-58. 1952.

ALMEIDA, F.F.M. et al.– Tectônica da Formação Itaquaquecetuba na Grande São Paulo. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Anais,**4:** 1794-1808. Rio de Janeiro, 1984. Rio de Janeiro, *Sociedade Brasileira de Geologia*. 1984.

AXEROLD, D.I. – Post Pliocene uplift of the Sierra Nevada, California. GSA Bull., **73:** 183-198, 1962.

AXEROLD, D.I. – Paleoelevation estimated from Tertiary flora Integrated Earth and Environmental Evolution of the South Western, United States. In: Ernst, W. G. & Nelson, C.A., (eds.), The Clarence A. Hall, Jr. Volume, p. 70-79, 1998.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. et al. – Jazigo Rodovia Quiririm – Campos do Jordão, Km 11, (Tremembé), SP – (Macrofósseis vegetais do Terciário) – In: SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M.. (eds..). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: SIGEP no. 87, v. **1**: 55-62. 2002a.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. et al. - Fazenda Santa Fé (Tremembé), SP. In: SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M.. (eds.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: SIGEP no. 78, v. **1**: 63-71. 2002b.

BJORNBERG, A.J.S.; MACIEL, A. C.; GANDOLF, N. – Nota sobre depósito moderno na Região de Rio Claro - São Paulo. Pub. Escola de Engenharia de São Carlos, Geologia **11** (106): 21-36p. 1964.

BROLLO, M. J. (Coord.) – Diagnóstico do meio físico da média bacia do rio Piracicaba para fins de gestão ambiental. São Paulo. Instituto Geológico/SMA, 75 p. (Boletim n. 13). 1996.

CARNEIRO, C.D.R. ; PONÇANO, W.L. – Unidades Geológicas do Estado de São Paulo. *In*: Almeida, F.F.M; Bistrichi, C.A; Pires-Neto, A.G; Almeida, M.A.; Mapa Geológico do Estado de São Paulo – Monografia **6** (1): 4-11. 1981.

BROLLO, M. J. (Coord.) – Diagnóstico do meio físico da média bacia do rio Piracicaba para fins de gestão ambiental. São Paulo. Instituto Geológico/SMA, 75 p. (Boletim n. 13). 1996.

CARNEIRO, C.D.R. ; PONÇANO, W.L. – Unidades Geológicas do Estado de São Paulo. *In*: Almeida, F.F.M; Bistrichi, C.A; Pires-Neto, A.G; Almeida, M.A.; Mapa Geológico do Estado de São Paulo – Monografia 6, I: 4-11. 1981.

CAVALCANTE J.C. et al. – Projeto Sapucaí - Estados de Minas Gerais e São Paulo. Relatório Final de Geologia. Brasília, DNPM/CPRM, 299 p. (Série Geologia 5, Seção Geologia Básica 2). 1979.

CHAMLEY, H. 1989. *Clay sedimentology.* Heidelberg, Springer-Verlag, 623p.

CRONQUIST, A. - The evolution and classification of flowering plants. 2nd. ed. *The New York Botanical Garden,* Bronx, New York. Columbia University Press, p. 1262. 1988.

CRONQUIST, A. - The evolution and classification of flowering plants. 2nd. ed. *The New York Botanical Garden,* Bronx, New York. Columbia University Press, p. 1262. 1988.

DOS-SANTOS, M. A. - *Tafoflora Neógena de Depósitos Provavelmente Correlatos a Formação Rio Claro, Ocorrente no Município de Jaguariúna, SP.* Centro de Pós-Graduação e Extensão em Análise Geoambiental. Universidade Guarulhos, Dissertação de Mestrado, 147 p. 2007.

DOS-SANTOS, M. A.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E., GARCIA, M. J., –Avaliação Preliminar da Tafoflora Cenozóica do Município de Jaguariúna, SP. Boletim 7° Simpósio do Cretáceo do Brasil, 1° Simpósio do Terciário do Brasil. Serra Negra (SP) – 02 a 06 abril, 2006 p.45. 2006.

DOS-SANTOS, M. A.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E. C. – A Tafoflora Neógena de Jaguariúna, SP, em argilito de provável atribuição a Formação Rio Claro. *In:* Carvalho, I. S. Paleontologia: Cenários de Vida. Editora Interciências, p.237-250, 2007.

DUARTE, L.; MANDARIM-DE-LACERDA, A.F. Flora cenozóica do Brasil, Formação Tremembé, Bacia de Taubaté; São Paulo. (Nota Preliminar). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1989, Curitiba, *Anais*, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 879-884. 1987.

DUARTE, L.; MANDARIM-DE-LACERDA, A. F. – Flora Cenozóica do Brasil, Formação Tremembé, Bacia de Taubaté; São Paulo. II: *Luechea nervaperta* sp. n. (Tiliaceae). *In:* Congresso Brasileiro de Paleontologia, **11**, 1989, Curitiba, PR, Resumos das Comunicações, *Sociedade Brasileira de Paleontologia*, p.99. 1989a.

DUARTE, L.; MANDARIM-DE-LACERDA, A. F. – Flora Cenozóica do Brasil, Formação Tremembé, Bacia de Taubaté; São Paulo. III: Frutos (Phitolacaceae e Leguminosae). *In:* Congresso Brasileiro de Paleontologia, **11**, 1989, Curitiba, PR, Resumos das Comunicações, *Sociedade Brasileira de Paleontologia*, 1: 395-410. 1989b.

DUARTE, L.; MANDARIM-DE-LACERDA, A. F. – Flora Cenozóica do Brasil: Formação Tremembé, Bacia de Taubaté, São Paulo.I. Celastraceae, Loganiaceae e Typhaceae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, **64**(1): 29-41. 1992.

DUARTE, L.; MARTINS, A. F. F. R. Contribuição ao conhecimento da flora cenozóica do Brasil. Jazigo Vargem Grande do Sul, SP. *Anais Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro, **55** (1): 109-121. 1983.

DUARTE, L.; MARTINS, A.F.F.R. – Contribuição ao conhecimento da flora cenozóica do Brasil. Jazigo Vargem Grande do Sul, SP. Série Taubaté II. *In:* Brasil, Departamento Nacional da Produção Mineral. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. Brasília, p. 565-571. Série Geologia 27, Sessão Paleontologia e Estratigrafia 2. 1985.

EMBERGER, L. – Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants. Masson ; Cie, Édicteurs. Paris., 1968.

EMBRAPA, 2007. Caracterização do Uso das Terras e da Agricultura do Município de Jaguariúna - SP - http://www.jaguariuna.cnpm.embrapa.br/ Acesso em 01 de outubro de 2007.

FERNANDES, A. J; FITIPALDI, F.C.; FERREIRA, C.J. – Faciologia dos depósitos cenozóica entre Jaguariúna de Americana – SP – *In* Congresso Brasileiro de Geologia, 38, 1994, Camboriú SC. Boletim de Resumos Expandido, Sessão Temáticas, SBG, **3**: 269-270. Instituto Geológico - SMA/SP, 1994.

FITTIPALDI, F.C. – Vegetais Fósseis da Formação Itaquaquecetuba (Cenozóico, Bacia de São Paulo). Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo: 146p., 1990.

FITTIPALDI, F.C. et al.. – Fossil plants from the Itaquaquecetuba Formation (Cenozoic of the São Paulo Basin) and their possible paleoclimatic significance. *Boletim do Instituto Geológico* - USP, São Paulo, **7**: 183-204. 1989.

FITTIPALDI, F.C.; SIMÕES M. G. – Estado atual do conhecimento sobre a paleontologia da Bacia de São Paulo. Workshop "Geologia da Bacia de São Paulo", 1989, São Paulo. In: WORKSHOP "GEOLOGIA DA BACIA DE SÃO PAULO", I, São Paulo, 1989. Instituto Geológico, SMA e Sociedade Brasileira de Geologia, p. 27-34. 1989.

FITTIPALDI, F.C.; SIMÕES, M.G. – Restos vegetais da Formação Pindamonhangaba (Cenozóico, Bacia de Taubaté). In: REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 7, 1990, São Paulo. Paleobotânica Latinoamericana (Circular Informativa da ALPP) São Paulo, Resumos, **9** (1): 18-19. SM/SP. 1990.

FREITAS, R.O.; VIEIRA, P.C.; MEZZALIRA, S. – A Formação Piraçununga na região de Vargem Grande do Sul, São Paulo. Aplicação da técnica de perfis sedimentares. *Revista do Instituto Geológico*, SP, **11** (2): 35-48. 1990.

GARCIA, M.J. et al.- Floras neógenas sul-americanas no contexto mundial. *In:* Carvalho, I. S. et al. (eds.) Paleontologia: Cenário da Vida, Editora Interciência , vol. 1: 657-687, 2007.

GREEN, W. A. – Loosening the CLAMP: An Exploratory Graphical Approach to the Climate Leaf Analysis Multivariate Program. *Palaeontologia Electronica* Vol. **9**(2); 9A:17p., 2006.

HASUI, Y. et al. – Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Sismologia regionais de interesse às Usinas Nucleares da Praia de Itaorna – *Monografias IPT*, 149p. e 4 mapas. 1982.

HICKEY. L. J. – Classification of the architecture features of dicotydedonous leaves. *Amer. Jour. Bot*. **60**: 17-33. 1973.

HICKEY, L. J. – A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *In Anatomy of the Dicotyledons Vol.1*, C. R. Metcalfe ; L.W. Chalk, eds, Clarendon Press, Oxford, 25 -39. 1979.

HICKEY, L. S.; WOLFE, J. A. – The bases of angiosperm phylogeny: vegetative morphology. *Ann. Missouri Bot. Gard*., **62**: 538-589. 1975.

JUDD, W.S. et al. – *Plant Systematics: - Second Edition a phylogenetic approach. Sinauer Associates*, Inc., Sunderland, 576p, 2002.

KÖPPEN, W. – Versuch einer Klassification der Klimate vorsugsweise nach ihren Bezichungen zur Pflanzenwelt. *Geograph. Zeirsehr*, **6**: 593–611, 657–679. 1900.

LEITE, F. P. R. et al. – Fitofósseis da Formação Pindamonhangaba, Neógeno da Bacia Terciária de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil.. *In:* XLVII Congresso Nacional de Botânica, 1996, Nova Friburgo. *Boletim de Resumos*, p. 496-497. 1996.

LORENZI, H. Árvores brasileiras - Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1ª. Edição. Nova Odessa, SP, *Editora Plantarum*, v.**2**, 376p. 1998.

LORENZI, *H.* – Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas parasitas e tóxicas. 3.ed. Nova Odessa-SP: *Instituto Plantarum,* 608p. 2000.

LORENZI, H. – Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4.ª edição. Nova Odessa: *Instituto Plantarum,* v.**1**, 375p. 2002.

LORENZI, H. – Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2ª edição Nova Odessa: *Instituto Plantarum*, 368p. v.**2**. , 2002.

MACGINITIE, H.D. – Fossil plants of the Florissant Beds, Colorado. Cornegie Intitution Publication 599, Washington D.C. 1953.

MANDARIM-DE-LACERDA, A.F. et al. – Tafoflora da Formação Pindamonhangaba, Plio-Pleistoceno, Bacia de Taubaté, SP – Brasil. 8ª. Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos, São Paulo. *Paleobotânica Latinoamericana* (Circular Informativa da ALPP) São Paulo, *Resumos*, p.42-43, 1994.

MANDARIM-DE-LACERDA, A. F.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; PONS, D. – Microscopia eletrônica de varredura de macrofitofósseis da Formação Tremembé, Eoterciário da Bacia de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47, 1996, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Resumos p. 497-498, 1996.

MANIERO, J. – O microscópio eletrônico como novo recurso da geologia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências,* Rio de Janeiro, **23** (1): 135-138. 1951.

MARCELO, E.P. – Ocorrência dos fósseis vegetais na Formação Pariquera-Açu, na região de Iguape-SP. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, **2**(2): 47, 1981.

MARTINS NETO, R. G.; GALLEGO, O. F. – Death Behaviour (Thanatoethology new term and concept): a taphonomic analysis providing possible paleoethologic inferences - special cases from arthropods of the Santana Formation (Lower Cretaceous, Northeast Brazil). Geociências, Rio Claro, SP, **25** (2): 241-254, 2006.

MASSOLI, M. – Folha Geológica de Santa Rita do Passa Quatro. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, **1**(1):7-14 (1980), 1981.

MELO, M.S., – Fragmentos de carvão em coberturas areno-argilosas neocenozóicas: Indicadores paleoclimáticos holocênicos. IV Simpósio de Geologia do Sudeste. Água de S.Pedro. SP, 06-93p, 1995.

MELO, M.S; COIMBRA A. M e CUCHIERATO G.- Fácies Sedimentares da Formação Rio Claro Neocenozóico da Depressão Periférica Paulista. *Revista Instituto Geológico*,**18**: 49-63. São Paulo, 1997.

MENDES, J.C. – Paleontologia Básica. São Paulo: T.A.QUEIRÓZ e EDUSP. 1988.

MENÉNDEZ, C.A. – Mesa Redonda. Floras Terciárias de la Argentina, *Ameghiniana*, **VIII** (3-4): pp.357-371, 1971.

MEZZALIRA, S. – *Phyloblatta pauloi* sp.nov. Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, **4**(2):1-3. 1948.

MEZZALIRA, S. – Considerações sobre novas ocorrências fossilíferas no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, **38** (1): 65-72. 1962.

MEZZALIRA, S. - Novas ocorrências de vegetais fósseis cenozóicos no Estado de São Paulo, *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, São Paulo, **15**: 73-94, est. I (1961-1962). 1964.

MEZZALIRA, S. – Os fósseis do Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 132p. (*Boletim*, **45**). 1966.

MEZZALIRA, S. – Os fósseis do Estado de São Paulo, *Boletim Série Pesquisa* Instituto Geológico, 2 ed., revisão atualizada, SMA, 142p. + estampas de I-XIII. 1989.

MOORE, D.M.; REYNOLDS Jr., R.C. X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University, New York, 377p., 1997.

O'BRIEN, N.R. & SLATT, R.M. *Argillaceous rock atlas.* New York, Springer-Verlag, 141p., 1990.

PAES LEME, A. B. – Sobre a Formação do Linhito de Caçapava. *Papelaria Macedo*. Rio de Janeiro, 37p. 1918.

PENALVA, F. – Sedimentos neocenozóicos nos vales dos rios Jundiaí, Atibaia e Jaguari, Estado de São Paulo. *Boletim Paulista de Geografia*, **46**: 107-138, 1971.

SANTOS, B. D. et al. - Composição paleopalinoflorística dos depósitos terciários da Formação Itaquaquecetuba (Mineradora Itaquareia 1), Município de Itaquaquecetuba, Estado de São Paulo, Brasil. *In*: Simpósio do Terciário do Brasil, 2006, Serra Negra (SP). Boletim do 7o. Simpósio do Cretáceo do Brasil e do 1o. Simpósio do Terciário do Brasil. Rio Claro (SP) : M C Editora e Artes Gráficas Ltda., v. único. p. 20-20. 2006.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. – Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII. Nova Odessa, SP, *Instituto Plantarum*, p: 221, 2005.

SPICER, R.A. - The sorting and deposition of allochthonous plant material in a modern environment at Silwood Lake, Silwood Park, Berkshine, England. Geological Survey Professional Paper. *United States Government Printing* Office. Washington. 77p., 1981.

SUGUIO, K. – Estudo dos troncos de árvores linhitificados dos aluviões antigos do Rio Pinheiros (SP): Significados geocronológico e possivelmente paleoclimático. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, São Paulo, SP. *ANAIS*, 1971. **1**: 63-69. 1971.

SUGUIO, K ; MUSSA, D. – Madeiras Fósseis dos aluviões antigos do Rio Tietê, São Paulo, *Boletim Instituto Geociências* - USP, **9:** 25-45. 1978.

TAYLOR T. N. ; TAYLOR E. L. - The Biology and Evolution of Fossil Plants. *Prentice Hall*, NJ, USA. 982p. 1993.

WALLACE, K. – Cenozoic elevation of the Rocky Mountains. 2002.

http://www.colorado.edu/GeolSci/Resources/WUSTectonics/CzPaleobotany/introduction.html. Ultimo acesso em 12 de Novembro de 2007.

WEBB, L. J. – A Physiognomic classification of Australian rain florests. Journal of Ecology **47**: 551-570. 1955.

WEAVER, C.E. 1989. Clays, Muds, and Shales. Elsevier, Amsterdam, 819p.

WELTON, J.E. 1984. *SEM Petrology Atlas.* [Methods in Exploration Series]. Tulsa, AAPG, 237p.

WILLIS, K. J.; McELWAIN, J. C. 2002. *The evolution of plants*. Oxford University Press, Oxford, 378 p.

WING. S. L. et al. – Manual of leaf architecture: morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms. Smithsonian Institution, Washington, DC. 1999.

WOLFE, J. A. – Distribution of major vegetational types during the Tertiary, in The Carbon Cycle and Atmospheric CO_2: Natural Variations Archean to Present, E. T. Sundquist and W. S. Broecker, eds., American Geophysical Union Monograph **32:** 357-375. 1985.

WOLFE, J. A.; UPCHURCH, G.R. – Mid-Cretaceous to Early Tertiary vegetation and climate: Evidence from fossil leaves and woods. *In:* FRIIS, E.M., CHALONER, W.G. AND GRANE, P.H. (eds.). *The origins of angiosperms and their biological consequences.* Cambridge Univ. Press., 75-105, 1987.

WOLFE, J. A. – Paleoclimatic estimates Tertiary leaf Assemblages. Annu. Rev Earth Planet Science, **23:**119-142, 1995.

ZAINE, J.E.; FITTIPALDI, F.C.; ZAINE, M. F. – Novas ocorrências fossilíferas na Formação Rio Claro (Cenozóico). *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE,* 4, Águas de São Pedro. Boletim de Resumos, Águas de São Pedro: SBG, SP/RJ/ES, p.92. 1995.