



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Fábio Miranda Ribeiro

**CARACTERIZAÇÃO E ASSOCIAÇÃO DE  
LITOFAÇIES, PALINOFÁCIES E FÁCIES  
ORGÂNICA NA FORMAÇÃO RESENDE,  
BACIAS DE RESENDE E TAUBATÉ,  
SUDESTE DO BRASIL.**

Trabalho Final de Curso (Geologia)

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2011



Fábio Miranda Ribeiro

# **CARACTERIZAÇÃO E ASSOCIAÇÃO DE LITOFAÇIES, PALINOFAÇIES E FÁCIES ORGÂNICA NA FORMAÇÃO RESENDE, BACIAS DE RESENDE E TAUBATÉ, SUDESTE DO BRASIL.**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como requisito necessário para obtenção do grau em Geologia.

Orientador:

Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho

Co-orientador:

Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos

Rio de Janeiro

Dezembro de 2011

Ribeiro, Fábio Miranda

Caracterização e associação de litofácies, palinofácies e fácies orgânica na Formação Resende, bacias de Resende e Taubaté, Sudeste do Brasil / Fábio Miranda Ribeiro. - Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Geociências, 2011.

56p.

Orientador: João Graciano Mendonça Filho; Co-orientador: Renato Rodriguez Cabral Ramos.

Trabalho Final de Curso: Graduação em Geologia - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia.

1. Litofácies 2. Palinofácies 3. Fácies Orgânica 4. Formação Resende

Fábio Miranda Ribeiro

**CARACTERIZAÇÃO E ASSOCIAÇÃO DE LITOFAÇIES, PALINOFAÇIES E FÁCIES ORGÂNICA NA  
FORMAÇÃO RESENDE, BACIAS DE RESENDE E TAUBATÉ, SUDESTE DO BRASIL**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia,  
Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio  
de Janeiro - UFRJ, como requisito necessário para  
obtenção do grau em Geologia.

Orientador:

Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho

Co-orientador:

Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos

Aprovada em: 30/11/2011

Por:

---

Orientador: Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho

---

Co-orientador: Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos

---

M.Sc. Daniela Elias Bongiolo (PETROBRAS)

---

M.Sc. Márcio Luciano Kern (LAFO - UFRJ)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Fátima e Luiz Felipe, por todo suporte e apoio que me foi dado em todas as fases pelas quais passei. Ao meu tio, Jorge, por todas as palavras de incentivo e pela torcida pelo meu sucesso.

Ao meu orientador, João Graciano Mendonça Filho, por todas as oportunidades que me ofereceu ao longo da minha iniciação científica no LAFO. Ao meu co-orientador, Renato Rodriguez Cabral Ramos, pela disposição em ajudar nas fases de campo e pós-campo. Ao professor Julio Cesar Mendes, por ter me dado a oportunidade de ajudar a monitorar as disciplinas que leciona e ter confiado em mim pra realizar tal tarefa, muitas vezes, sozinho.

À minha namorada, Vanilla Gomes, pela árdua tarefa de me aturar, pelo carinho, apoio, paciência e por tentar me tornar uma pessoa cada vez melhor.

Aos integrantes do LAFO: Frederico Lopes, Fabiane Feder, Márcio Kern, Noélia Rondón e Simone Chicarino pelos momentos de conversas e risadas. Ao técnico e futuro químico Thiago Barbosa, à bióloga Jaqueline Torres e ao futuro geólogo e grande amigo Jann Sillman por toda a ajuda durante as fases de preparação das amostras e leitura das lâminas.

À todos da turma de geologia UFRJ 2006, em especial: Thales (Robinho), Thiago (Chato), Danilo (Latino), Renan, Priscilla, Fernando (Fes), Fernanda, Isabella, Victor (Baiano) e Bárbara pelos melhores momentos nesses últimos cinco anos.

Aos meus grandes e antigos amigos: Erick, Rafael (Baço), Rafael Oliveira, João Guilherme, Vinícius, Matheus e Victor.

## Resumo

RIBEIRO, Fábio Miranda. Caracterização e Associação de Litofácies, Palinofácies e Fácies Orgânica na Formação Resende, Bacias de Resende e Taubaté, Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, 2011. 56 p. Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Processos distensivos em resposta a abertura do Atlântico Sul influenciaram a implantação do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB). Em seu segmento central localizam-se as bacias de Resende e Taubaté, e suas primeiras fases de preenchimento caracterizam-se por fácies rudáceas basais (associados a leques aluviais) que gradam ao topo e lateralmente para fácies fluviais (associados a depósitos entrelaçados) que correspondem à Formação Resende, de idade Eoceno-Oligoceno, composta por conglomerados, arenitos arcoseanos e pelitos. O objetivo deste trabalho é caracterizar a litofácies, através da confecção de perfis estratigráficos, a palinofácies e fácies orgânica, através da coleta, processamento geoquímico e técnicas de microscopia de onze amostras de pelitos para, finalmente, associá-los. A litofaciologia indica um modelo fluvial entrelaçado predominantemente arenoso, sendo aberta a discussão se, localmente, haveria características anastomosadas pela espessura métrica dos sedimentos finos. A geoquímica orgânica indica ambiente de alta oxidação e energia, com total predominância de fitoclastos e matéria orgânica amorfa subordinada, encontrados em depósitos de planície de inundação, oriundos de vegetação aquática e terreste, sendo estes últimos da erosão das margens e *palinodebris*. A associação desses estudos indica para os perfis analisados uma localidade mediana no paleosistema fluvial.

Palavras-chave: bacias de Resende e Taubaté, Formação Resende, litofácies, geoquímica orgânica.

***Abstract***

RIBEIRO, Fábio Miranda. *Characterization and Association of Lithofacies, Palynofacies and Organic Facies in Resende Formation, Resende and Taubate basins, Southeastern Brazil*. Rio de Janeiro, 2011. 56p. Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Distensive processes in response to opening of the South Atlantic influenced the implementation of the Cenozoic Rift System in Southeastern Brazil. In its central segment are located Resende and Taubate basins, and its early stages of sedimentation are characterized by basal rudaceous facies (associated with alluvial fans) which grades to the top and laterally into fluvial facies (associated with braided rivers deposits) which correspond to Resende Formation, Eocene-Oligocene age, composed by conglomerates, arkose sandstones and pelites. The objective of this study is to characterize the lithofacies, through making stratigraphy profiles, the palynofacies and organic facies by collecting, geochemical process and microscopic techniques of eleven samples of pelites to finally associate them. The lithofaciology indicates a braided river system predominantly sandy, being open to discussion if, locally, this system would be anastomosed by the metric thickness of the fine sediments. The organic geochemistry indicates high oxidation environment and energy, with total dominance of phytoclasts and amorphous organic matter subordinated, founded in floodplain deposits, from aquatic and terrestrial vegetation, the latter coming from the erosion of the margins and palinodebris. The association of these studies indicates a median location in this river system.

Keywords: Resende and Taubaté basins, Resende Formation, lithofacies, organic geochemistry.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Estruturação geológica da região Sudeste do Brasil, evidenciando os principais lineamentos e as bacias sedimentares que compõem o SRCSB. Extraído e adaptado de Melo *et al.* (1985a); Neves *et al.* (2005); Sanson (2006). **2**

**Figura 2:** Localização das bacias de Resende e Taubaté mostrando o mesmo *trend* estrutural que o embasamento. Extraído de Mohriak (2003). **2**

**Figura 3:** Figura 3: Localização das bacias de Resende e Taubaté no mapa tectônico da parte central da Faixa Ribeira. (1) Coberturas Fanerozóicas; (2) Plútôns alcalino do Cretáceo Superior; (3) Embasamento Arqueano a Paleoproterozóico; (4) Supergrupo Bambuí; (5) Megassequencia Andrelândia Autóctone; (6) Vergência leste da Faixa Brasília, incluindo a Nappe Socorro; (7) Terreno Ocidental / Domínio Andrelândia; (8) Terreno Ocidental / Domínio Juiz de Fora; (9) Terreno Paraíba do Sul; (10) Terreno Embú; (11) Terreno Oriental / Arco Magmático Rio Negro; (12) Terreno Oriental; (13) Terreno Cabo Frio; (14) Terreno Apiaí; (APSZ) Zona de Cisalhamento Além Paraíba; (CFT) Empurrão Cabo Frio; (CTB) limite tectônico da parte central da Faixa Ribeira. A linha pontilhada indica a frente termal e deformacional da Faixa Ribeira na zona de interferência com a Faixa Brasília. A área sombreada em cinza claro indica aproximadamente rochas de alta pressão remanescentes relacionada com a evolução da Faixa Brasília. Extraído e adaptado de Heilbron *et al.* (2004); Heilbron *et al.* (2008). **8**

**Figura 4:** Evolução tectono-sedimentar do SRCSB. Extraído de Riccomini (1989). **9**

**Figura 5:** Mapa geológico da bacia de Taubaté: (1) embasamento; (2) Sistema de leques aluviais proximais da Formação Resende; (3) Sistema de leques aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados da Formação Resende; (4) Formação Tremembé; (5) Formação São Paulo; (6) Formação Pindamonhangaba; (7) sedimentos quaternários; (8) falhas cenozóicas, em parte reativadas do embasamento Pré-Cambriano; (9) eixos de dobras principais. Extraído de Riccomini *et al.* (2004). **12**

**Figura 6:** Arcabouço estrutural da bacia de Taubaté com base em linhas sísmicas de reflexão. Extraído de Marques (1990). **12**

**Figura 7:** Quadro litoestratigráfico do segmento central do SRCSB. Extraído de Riccomini (1989); Salvador & Riccomini (1995). **13**

**Figura 8:** Mapa geológico da bacia de Resende. Extraído de Ramos *et al.* (2005). **15**

**Figura 9:** Quadro estratigráfico da bacia de Resende. Extraído de Ramos *et al.* (2005). **16**

**Figura 10:** Mapa de anomalias gravimátricas da bacia de Resende e seu entorno. (IT) Itatiaia; (RE) Resende; (PR) Porto Real; (QT) Quatis; (MIT) maciço alcalino do Itatiaia; (MR) maciço alcalino do Morro Redondo. Extraído de Escobar (1999) *apud* Ramos (2003). **17**

**Figura 11:** Mapa de localização da seção-tipo da Formação Resende (RES). Extraído e adaptado do programa *Google Earth* consultado no dia 26/09/2011. **18**

**Figura 12:** Mapa de localização dos perfis estratigráficos TAU 1 e TAU 2. Extraído e adaptado do programa *Google Earth* consultado no dia 18/09/2011. **19**

**Figura 13:** Procedimentos para a preparação das amostras: (A): fragmentação das amostras; (B e C): acidificação com HCl e HF e posterior neutralização; (D): separação por flotação com ZnCl<sub>2</sub>; (E): querogênio isolado; (F): concentrado da matéria orgânica; (G): preparação das lâminas organopalinofaciológicas. Extraído de Mendonça Filho *et al.* (2010a). **20**

**Figura 14:** Perfil estratigráfico da seção TAU 1 mostrando as fácies e posição das amostras extraídas para análise de geoquímica orgânica. **29**

**Figura 15:** Arenitos arcoseanos (fácies Aa) do perfil TAU - 1 intercalados por brechas matriz suportada (fácies Cmm e Cma). **30**

**Figura 16:** Arenitos arcoseanos (fácies Aa) do perfil TAU - 1 intercalados por arenitos maciços (fácies Am<sub>1</sub>). **31**

**Figura 17:** Argilito arenoso maciço (fácies Pm<sub>2</sub>) mosqueado por Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. **32**

**Figura 18:** Perfil estratigráfico da seção TAU 2 mostrando as fácies e posição das amostras extraídas para análise de geoquímica orgânica. **33**

**Figura 19:** Gretas de contração na fácies Pm<sub>2</sub> sendo preenchida pela fácies Am<sub>1</sub>. **34**

**Figura 20:** Modelo fluvial entrelaçado de leito predominantemente arenoso. Extraído e adaptado de Miall (1996); Sanson (2006). **36**

**Figura 21:** Diagrama ternário para os três principais grupos da matéria orgânica nas amostras coletadas. **38**

**Figura 22:** Diagrama em coluna mostrando as quantidades para cada tipo de fitoclasto encontrado na amostra RES 2. **39**

**Figura 23:** Diagrama em coluna mostrando as quantidades para cada tipo de fitoclasto encontrado na amostra RES 3. **39**

**Figura 24:** Tendências de preservação dos fitoclastos com o aumento do processo de preservação seletiva. Extraído e adaptado de Tyson (1995); Mendonça Filho (1999). **40**

**Figura 25:** Perfil estratigráfico da seção-tipo da Formação Resende (RES), localizado no km 307,7S da Rodovia Presidente Dutra mostrando a posição das amostras coletadas para análise de geoquímica orgânica. Extraído e adaptado de Brêda (2010). **42**

**Figura 26:** (A) Cutícula sob luz branca transmitida (RES - 2); (B) Cutícula sob fluorescência (RES - 2); (C) Fitoclastos sob luz branca transmitida (RES - 2); (D) Fitoclastos sob fluorescência (RES - 2); (E) Fitoclastos sob luz branca transmitida (RES - 3); (F) Fitoclastos sob fluorescência (RES - 3); (G) Fitoclasto estriado sob luz branca transmitida (RES - 2); (H) Fitoclasto não-opaco não-bioestruturado sob luz branca transmitida (RES - 3). Fotografias extraídas em microscópios do Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica (LAFO). **44**

**Figura 27:** Formas de canal, depósitos de inundação e elementos arquiteturais ao longo de um sistema fluvial. Extraído de Nichols & Fisher (2007). **45**

**Figura 28:** Arquitetura deposicional proposta para a zona fluvial mediana. A cor branca representa a areia; a cor cinza representa os finos. Extraído e adaptado de Nichols & Fisher (2007). **46**

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Classificação geral dos principais componentes da matéria orgânica. Extraído de Tyson (1995) e Mendonça Filho (1999).	<b>26</b>
<b>Tabela 2:</b> Tabela mostrando código, diagnose, descrição e interpretação de cada litofácies identificada nos perfis RES, TAU 1 e TAU 2. Extraído e adaptado de Ramos (2003); Ramos et al. (2006) e Breda (2010).	<b>27</b>
<b>Tabela 3:</b> Valores percentuais para COT, ST e razão COT/ST.	<b>37</b>

# SUMÁRIO

Agradecimentos	
Resumo	vi
<i>Abstract</i>	vii
Lista de figuras	viii
Lista de Tabelas	x
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2 OBJETIVOS</b>	4
<b>3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL DAS BACIAS DE RESENDE E TAUBATÉ</b>	5
3.1 EMBASAMENTO	5
3.2 EVOLUÇÃO TECTÔNICA E SEDIMENTAR	6
3.3 LOCALIZAÇÃO AR CABOUÇO ESTRUTURAL E ESTRATIGRAFIA	10
3.3.1 <b>Bacia de Taubaté</b>	10
3.3.2 <b>Bacia de Resende</b>	13
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	18
4.1 ETAPA DE CAMPO	18
4.2 ETAPAS PÓS CAMPO	19
4.2.1 <b>Preparação de lâminas organopalinológicas</b>	19
4.2.2 <b>Análises geoquímicas</b>	21
4.2.3 <b>Análise de palinofácies</b>	21
4.2.4 <b>Digitalização dos perfis estratigráficos</b>	21
<b>5 ANÁLISES DE FÁCIES SEDIMENTAR E GEOQUÍMICA ORGÂNICA</b>	22
5.1 CONCEITO DE FÁCIES SEDIMENTAR	23
5.2 CONCEITO DE PALINOFÁCIES	23
5.3 DEFINIÇÃO DE QUEROGÊNIO	24
5.4 CARBONO ORGÂNICO TOTAL	25
<b>6 RESULTADOS</b>	27
6.1 FÁCIES SEDIMENTARES	27
6.1.1 <b>Tabela de fácies</b>	27

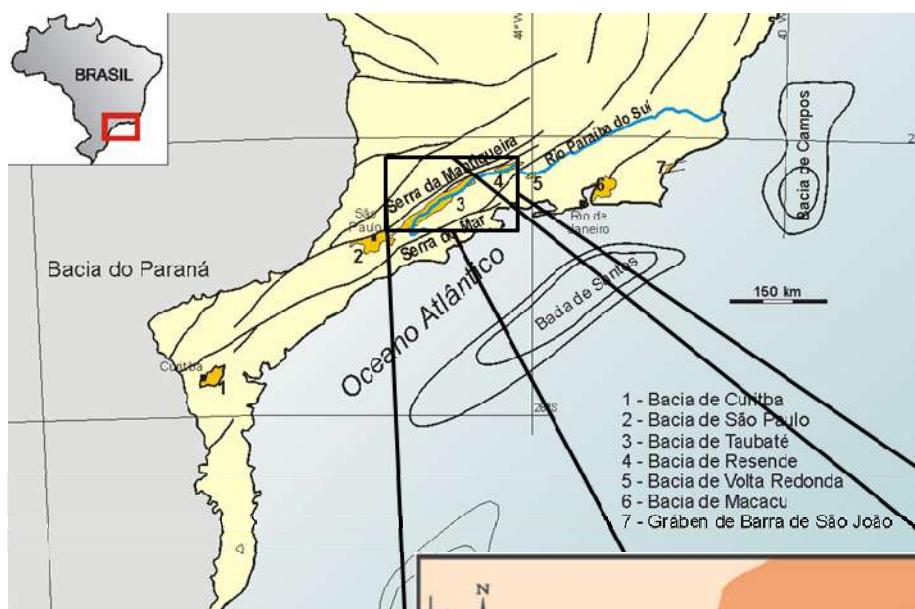
6.1.2 Associação de fácies (Perfil TAU 1)	29
6.1.3 Associação de fácies (Perfil TAU 2)	32
6.2 CARBONO ORGÂNICO TOTAL	37
6.3 PALINOFÁCIES	37
6.4 ASSOCIAÇÃO DE LITOFAÇIES E PALINOFÁCIES NO <i>TREND</i> PROXIMAL/DISTAL DO SISTEMA FLUVIAL	45
<b>7 CONCLUSÕES</b>	47
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	49

## 1 INTRODUÇÃO:

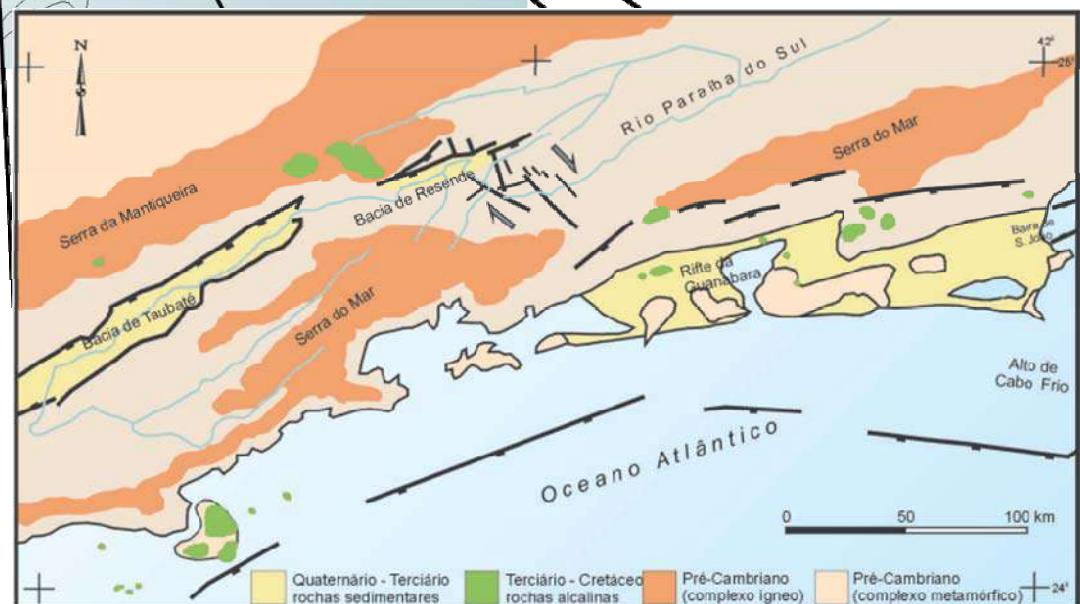
No início do Paleógeno, a crosta continental da Plataforma Sul-Americana sofreu novos processos distensionais (Zalán, 2004) ainda influenciados pela abertura do oceano Atlântico no Jurássico Superior, criando condições para a implantação de bacias sedimentares caracterizadas pela sedimentação exclusivamente continental (Fernandes, 1993). Os modelos tectono-sedimentares de Almeida (1976) e Asmus & Ferrari (1978) sugerem que a contínua acumulação de sedimentos na bacia de Santos teria proporcionado acentuada subsidência da área submersa e a contínua ascensão da porção continental adjacente, determinando um acentuado desequilíbrio isostático entre as áreas continental e oceânica, gerando o Sistema de *Rifts* da Serra do Mar. Melo *et al.* (1985a) definiram essa feição geológica como Sistema de Bacias Tafrogênicas Continentais do Sudeste do Brasil, que posteriormente foi denominado por Riccomini (1989) como *Rift* Continental do Sudeste do Brasil e, recentemente, Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil (SRCSB), por Zalán & Oliveira (2005).

Esta estrutura tectônica paleogênica com cerca de 900 km de extensão, localiza-se nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, entre a cidade de Curitiba/PR até São João da Barra/RJ. Compreende as bacias de Curitiba, São Paulo, Taubaté, Resende, Volta Redonda, Macacu e São João do Itaboraí (Riccomini, 1989; Riccomini *et al.*, 2004, Figura 1). Sua morfologia se apresenta como uma faixa estreita e deprimida de direção ENE-WSW, seguindo a linha de costa atual a uma distância de aproximadamente 70 km. Inserido no Planalto Atlântico, o SRCSB pode ser subdividido em três segmentos: ocidental, central e oriental. Possuindo o mesmo *trend* estrutural que a Faixa Ribeira (NE-SW), as bacias de Taubaté e Resende (Figura 2), separadas pelo Alto Estrutural de Queluz (Salvador & Riccomini, 1995), estão localizadas no segmento central do SRCSB e são preenchidas principalmente por depósitos sedimentares caracterizados por fácies rudáceas basais que gradam ao topo e lateralmente para fácies fluviais, agrupados na Formação Resende (Melo *et al.*, 1985a; Riccomini, 1989; Ramos,

2003; Zalán, 2004; Riccomini *et al.*, 2004). Ocorrem também fácies lacustres representadas pela Formação Tremembé, restritas à bacia de Taubaté. Ambas as bacias foram colmatadas por depósitos de sistemas fluviais meandrantes e, no Quaternário, por coberturas aluviais e coluviais.



**Figura 1:** Estruturação geológica da região Sudeste do Brasil, evidenciando os principais lineamentos e as bacias sedimentares que compõem o SRCSB. Extraído e adaptado de Melo *et al.* (1985a); Neves *et al.* (2005); Sanson (2006).



**Figura 2:** Localização das bacias de Resende e Taubaté mostrando o mesmo *trend* estrutural que o embasamento. Extraído de Mohriak (2003).

Parâmetros como palinofácies e fácies orgânica, integrados à análise litofaciológica, permitem uma caracterização mais detalhada das variações no ambiente sedimentar e da matéria orgânica original, especialmente se o registro fossilífero é escasso ou ausente (Menezes *et al.*, 2008; del Papa *et al.*, 2002), como é o caso da Formação Resende. Um

constituente orgânico se comporta como uma partícula sedimentar, ou seja, a tendência de distribuição de cada grupo ou subgrupo do querogênio está condicionada aos processos sedimentares que atuam no transporte e deposição da matéria orgânica sedimentar, mas esta compreensão ainda é bastante limitada (Menezes *et al.*, 2008; Gastaldo & Huc, 1992).

Apesar de existirem muitos trabalhos sobre a sedimentologia e estratigrafia na busca de uma adequada compreensão paleoambiental das duas bacias aqui estudadas, o foco da geoquímica orgânica é bem maior na bacia de Taubaté devido aos folhelhos lacustres com potencial gerador da Formação Tremembé (Torres-Ribeiro, 2004). Na bacia de Resende, devido ao pouco incentivo desse tipo de estudo, praticamente não há trabalhos que relatam os estudos de palinofaciologia. Houve algumas tentativas anteriores (Prof. Dr. Marcelo Araujo Carvalho, Museu Nacional / UFRJ, informação pessoal), contudo raras foram as que obtiveram sucesso (Lima & Melo, 1994; Oliveira, 2005).

Numa tentativa de reverter essa situação, o presente trabalho tenta associar esses dois ramos de grande importância na geologia (sedimentologia e geoquímica orgânica) para obter melhores resultados na caracterização paleoambiental da Formação Resende nas duas bacias.

## 2 OBJETIVO:

A presente monografia teve como objetivos e finalidades:

- a) Caracterizar e comparar a palinofácies e a fácie orgânica de depósitos pelíticos da Formação Resende nas bacias de Resende e Taubaté;
- b) Caracterizar as fácies sedimentares em afloramentos da Formação Resende na bacia de Taubaté;
- c) Associar os dados acima para uma compreensão do *trend* proximal/distal do sistema fluvial Resende, comparando-os com perfis já confeccionados anteriormente na bacia de Resende;
- d) Ampliar a compreensão dos ambientes deposicionais aluviais incluídos na Formação Resende.

### 3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL DAS BACIAS DE RESENDE E TAUBATÉ:

#### 3.1 EMBASAMENTO:

O embasamento de ambas as bacias está inserido totalmente no setor central da Província Mantiqueira (Almeida & Hasui, 1984). Hasui *et al.* (1975) as incluíram no contexto geotectônico denominado Cinturão de Dobramentos Ribeira, que é subdividido em cinco terrenos tectono-estratigráficos, limitados por empurrões ou zonas de cisalhamento dúcteis: Ocidental, Paraíba do Sul, Embu, Oriental e Cabo Frio. As bacias localizam-se entre os Terrenos Embu e Ocidental (Domínio Juíz de Fora, Heilbron *et al.*, 2004; Heilbron *et al.*, 2008, Figura 3).

Esses terrenos são constituídos de rochas ígneas (granitos, pegmatitos e aplitos) e metamórficas (milonitos, milonito-gnaisses, gnaisses bandados, raros gonditos, xistos, granito-xistos, quartzitos, calcissilicáticas, anfibolitos, anfibolitos bandados e migmatitos; Eirado *et al.*, 2006) de idade paleo a neoproterozóica, relacionadas à amalgamação do paleocontinente Gondwana Ocidental durante o Neoproterozóico (Orogenia Brasiliana - Panafricana), segmentadas por zonas de cisalhamento dextral (Sadowski, 1984 *apud* Riccomini, 1989) de idade Brasiliana com direções ENE a E-W (Hasui *et al.*, 1982 *apud* Melo *et al.*, 1985a) e falhas transcorrentes do Cambro-Ordoviciano.

Intrusões ígneas de idade jurássica superior a cretácea, sob a forma de diques maficos, foram associadas aos processos de ruptura continental (Melo *et al.*, 1985a; Fernandes, 1993). No Cretáceo Superior, intenso magmatismo alcalino decorrente do processo de afinamento crustal foi responsável pela intrusão de corpos alcalinos sieníticos (Passa Quatro, Itatiaia e Morro Redondo) (Asmus & Ferrari, 1978).

### 3.2 EVOLUÇÃO TECTÔNICA E SEDIMENTAR:

Estudos desenvolvidos nas duas bacias tem demonstrado certa similaridade no que diz respeito à evolução tectono-sedimentar. De forma consensual, admite-se a existência de vínculo entre a instalação do SRCSB com o evento de abertura do Atlântico Sul (Melo *et al.*, 1985a; Ramos, 2003; Torres-Ribeiro, 2004; Riccomini, 1989; Riccomini *et al.*, 2004). A partir do Jurássico Superior, a região esteve sujeita aos fenômenos relacionados inicialmente à Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967 *apud* Riccomini, 1989), cuja evolução causou o rompimento continental e abertura do Oceano Atlântico.

Diversos modelos tectônicos foram descritos para explicar a evolução do SRCSB. Almeida (1976) considera que esse sistema de bacias tenha se desenvolvido sobre o eixo de arqueamento na borda do continente que resultaria de uma movimentação vertical ascendente em oposição ao abatimento da bacia de Santos. Asmus & Ferrari (1978) também propõem uma evolução considerando essa mesma relação entre a bacia de Santos e as bacias do SRCSB, discutindo um provável basculamento de blocos na área continental associado a uma reativação tectônica, ao longo de fraquezas relacionadas ao Ciclo Brasiliano, em resposta a um desequilíbrio isostático após a instalação da bacia de Santos. Em rifteamentos passivos, essas zonas de fraqueza possibilitam a formação de bacias do tipo *rift* (Miall, 2002). Essas reativações tiveram sua fase mais intensa no Paleógeno e menor intensidade no Neógeno e no Quaternário.

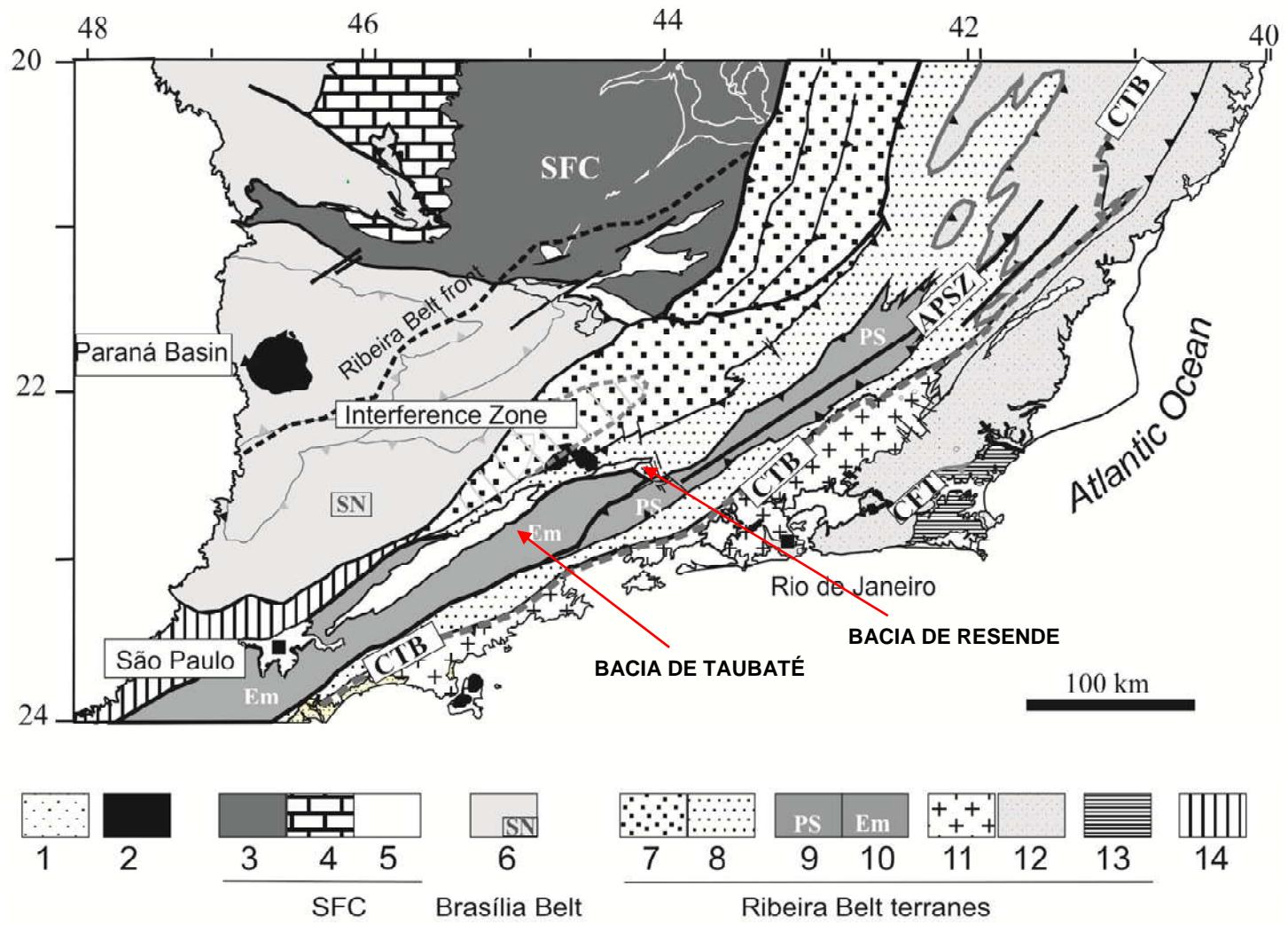
Melo *et al.* (1983; 1985b) argumentaram sobre a possível ligação geográfica e similaridade da natureza e cronologia tectono-sedimentar das bacias de Resende, Volta Redonda e a extremidade NE da bacia de Taubaté: a) forma de semigrábens assimétricos com basculamento para NW, falhas principais na borda norte; b) evidências de atividade tectônica

sin- e pós-sedimentar; c) distribuição análoga das mesmas fácies sedimentares (leques aluvias e fluviais).

Os primeiros sedimentos acumulados em bacias *rift* estão relacionados a leques aluviais, sistemas fluviais e lagos, que produziram a maior parte do preenchimento sedimentar das bacias de Taubaté e Resende (Fernandes, 1993; Miall, 2002). Riccomini (1989) propõe que a região entrou em processo tectônico distensivo, entre o Eoceno e o Oligoceno, com sentido NNW-SSE em função do basculamento termo-mecânico na bacia de Santos, desenvolvendo um gráben no sentido ENE e mergulho para NNW (Figura 4A). Essa fase propiciou a acumulação do Grupo Taubaté, que constitui o principal registro sedimentar nessas bacias. No Mioceno, movimentos transcorrentes sinistrais no sentido E-W geraram uma distensão na direção NW-SE e compressão na direção NE-SW que, segundo Riccomini (1989), segmentaram o gráben nas bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda (Figura 4B). No Pleistoceno, houve uma inversão no sentido de movimentação do sistema de falhas transcorrentes (fase dextral), invertendo também o sentido da compressão e distensão (Figura 4C), que conduziu ao desenvolvimento dos altos estruturais que segmentam parcialmente a bacia de Taubaté. É também nesta fase que se depositaram os depósitos fluviais da Formação Pindamonhangaba. Finalmente, no Quaternário, a bacia de Taubaté entrou novamente em processo de distensão com direção WNW-ESE (Figura 4D). Salvador & Riccomini (1995) reconheceram uma quinta fase tectônica de caráter compressivo na direção E-W, de idade holocênica.

Ramos (2003) e Ramos *et al.* (2006) apresentaram algumas hipóteses sobre a não continuidade física pretérita entre as bacias aqui estudadas, sendo as principais a estruturação tectônica com distintos depocentros separados por altos do embasamento e a imaturidade textural e composicional dos sedimentos que preenchem as bacias. O autor também enfatizou a inexistência de dados satisfatórios de paleocorrentes da Formação Resende na bacia de

Taubaté e em sub-bacias próximas (Neves *et al.*, 2005), o que dificulta a compreensão de sua interligação hidrográfica com a bacia de Resende.



**Figura 3:** Localização das bacias de Resende e Taubaté no mapa tectônico da parte central da Faixa Ribeira. (1) Coberturas Fanerozóicas; (2) Plútons alcalino do Cretáceo Superior; (3) Embasamento Arqueano a Paleoproterozóico; (4) Supergroup Bambuí; (5) Megassequencia Andrelândia Autóctone; (6) Vergência leste da Faixa Brasília, incluindo a *Nappe* Socorro; (7) Terreno Ocidental / Domínio Andrelândia; (8) Terreno Ocidental / Domínio Juiz de Fora; (9) Terreno Paraíba do Sul; (10) Terreno Embú; (11) Terreno Oriental / Arco Magmático Rio Negro; (12) Terreno Oriental; (13) Terreno Cabo Frio; (14) Terreno Apiaí; (APSZ) Zona de Cisalhamento Além Paraíba; (CFT) Empurrão Cabo Frio; (CTB) limite tectônico da parte central da Faixa Ribeira. A linha pontilhada indica a frente termal e deformacional da Faixa Ribeira na zona de interferência com a Faixa Brasília. A área sombreada em cinza claro indica aproximadamente rochas de alta pressão remanescentes relacionada com a evolução da Faixa Brasília. Extraído e adaptado de Heilbron *et al.* (2004); Heilbron *et al.* (2008).

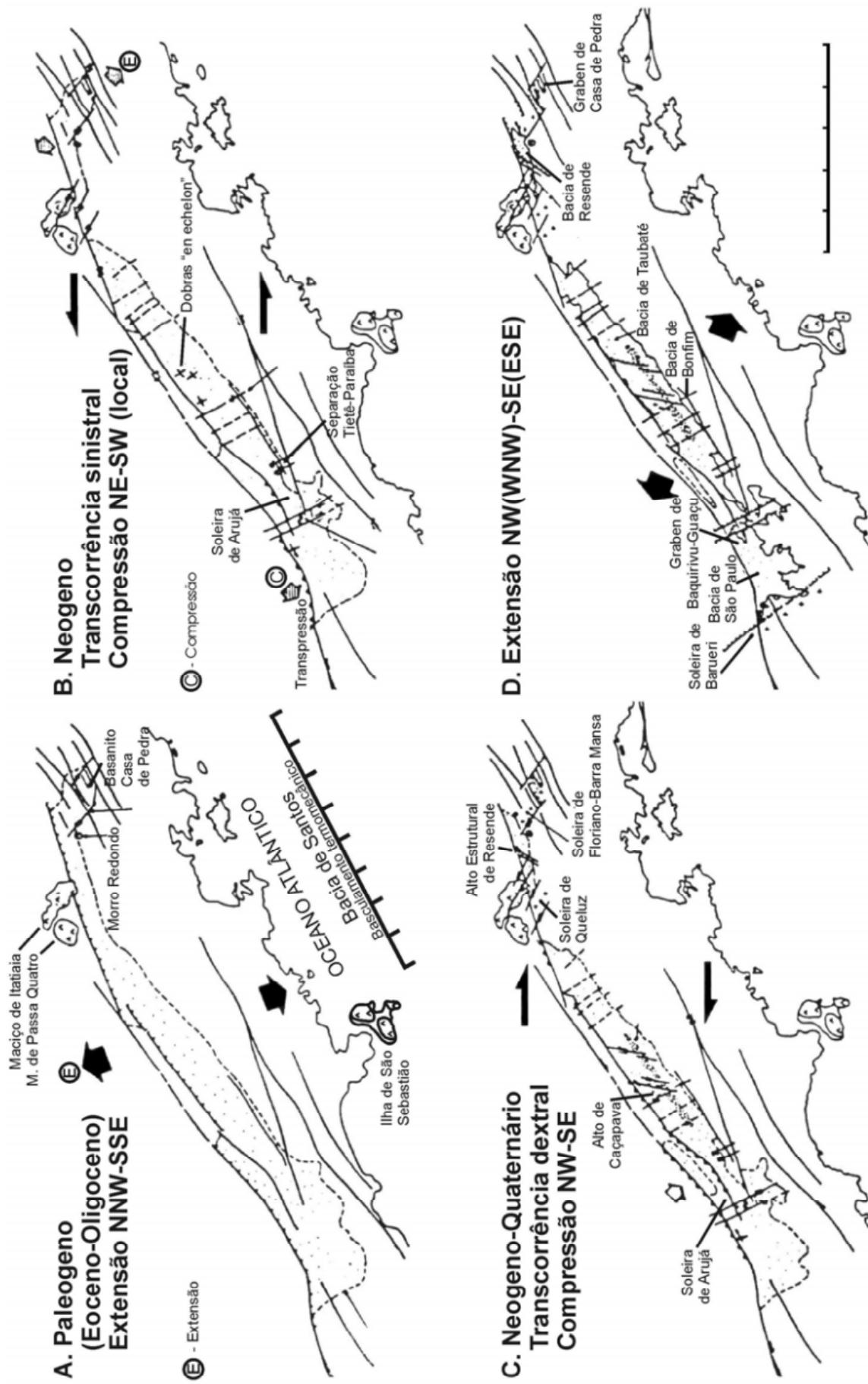


Figura 4: Evolução tectono-sedimentar do SRCSB. Extraído de Riccomini (1989).

### 3.3 LOCALIZAÇÃO, AR CABOUCO ESTRUTURAL E ESTRATIGRAFIA:

#### 3.3.1 Bacia de Taubaté:

A bacia de Taubaté (Figura 5) está localizada na porção leste do estado de São Paulo entre as cidades de Queluz e Itaquaquecetuba, sendo limitada a sudeste pela Serra do Mar e a noroeste pela Serra da Mantiqueira.

No contexto do SRCSB, é a mais bem desenvolvida sob o ponto de vista tectono-sedimentar e constitui o registro mais extenso da sedimentação cenozóica no Sudeste do Brasil e também de maior espessura sedimentar (Marques, 1990; Fernandes, 1993). Possui uma área de aproximadamente 3.200 km<sup>2</sup>, forma alongada com cerca de 170 km de comprimento, largura média de 25 km e espessura máxima de sedimentos de 850 m (Marques, 1990; Vidal *et al.*, 2004).

Marques (1990), através de dados gravimétricos, reconheceu seis depocentros individuais ao longo de seu *strike*, separados por altos estruturais transversais associados à falhas normais (Figura 6) denominados de SW para NE: Parateí, Jacareí, Eugênio de Melo, Quiririm, Roseira e Lorena. Os dois primeiros são pouco expressivos e não foram amostrados pela sísmica. Essas sub-bacias apresentam basculamentos invertidos, ora para SE ora para NW.

O preenchimento sedimentar (Figura 7) foi descrito de acordo com Riccomini (1989) e Riccomini *et al.* (2004):

**Formação Resende:** de idade paleogênica, corresponde à porção basal do Grupo Taubaté. Constituída de conglomerados polimíticos, arenitos arcoseanos grossos a finos com estratificação cruzada e lamitos. Contato inferior discordante sobre o embasamento e o superior concordante com as formações Tremembé e São Paulo. Caracterizada por depósitos

de leques aluviais, relacionados a falhas de borda, associados a depósitos fluviais entrelaçados.

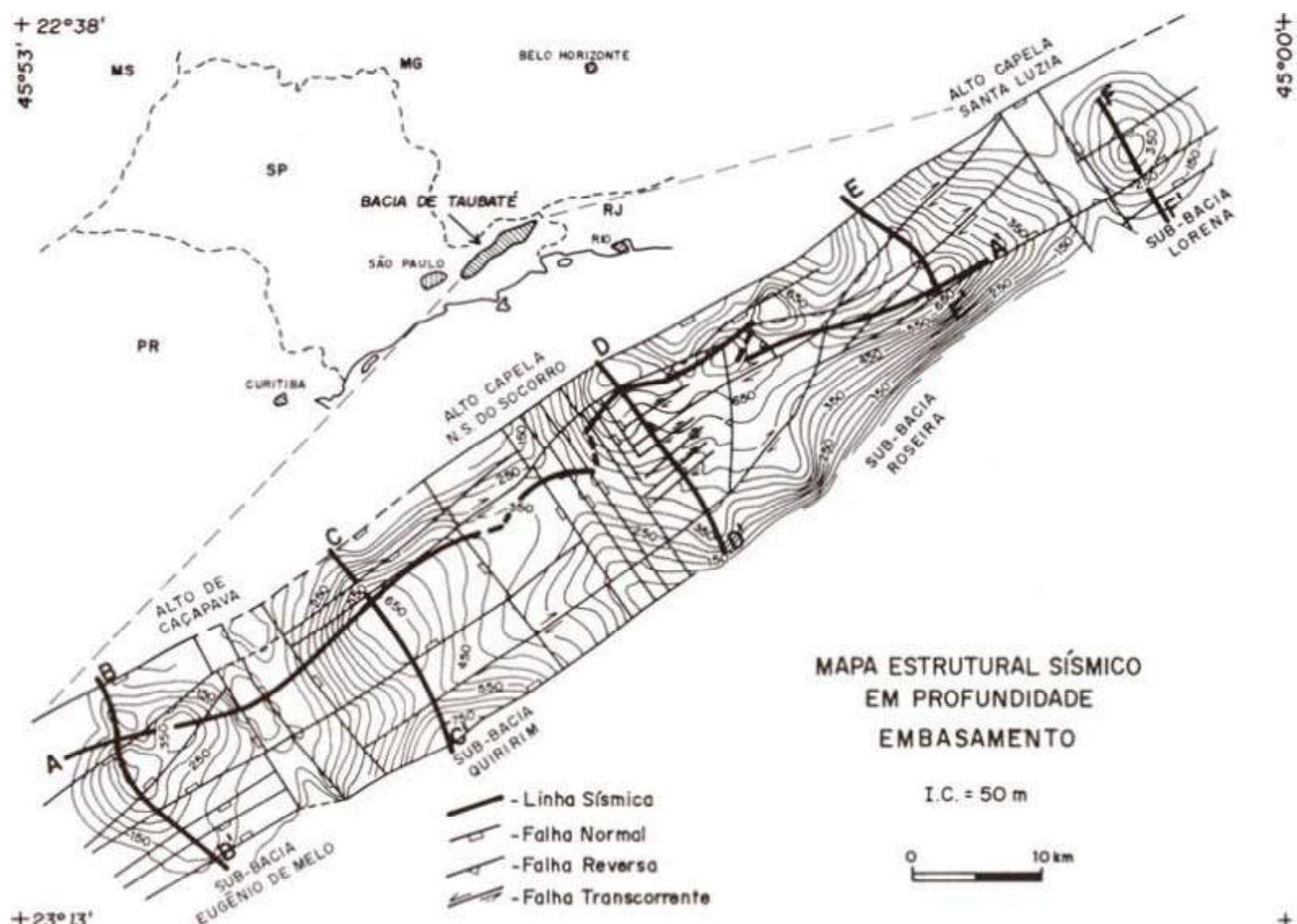
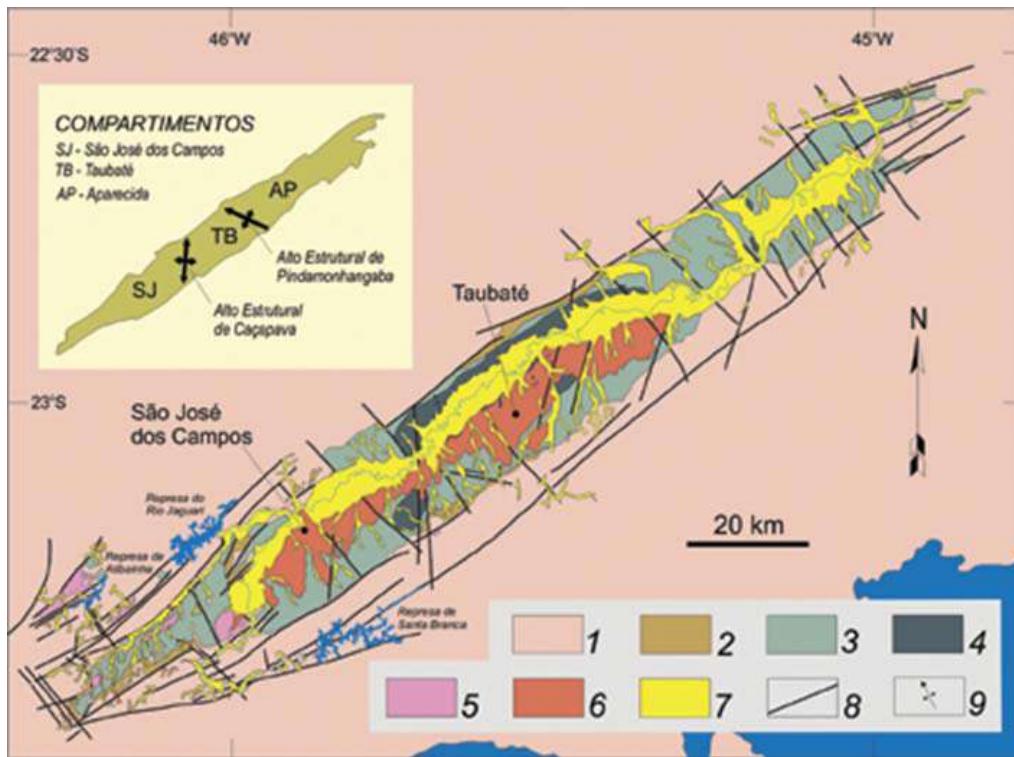
**Formação Tremembé:** interdigitada lateral e verticalmente com a Formação Resende, representada por depósitos em ambiente lacustre do tipo *playa-lake* resultado de um possível barramento tectônico da drenagem fluvial. É composta por argilitos verdes maciços, folhelhos com bons teores de COT e excelente potencial gerador de hidrocarbonetos, arenitos e calcários (Torres-Ribeiro, 2004). É amplamente conhecida pelo seu rico e diversificado conteúdo fossilífero continental do Oligoceno (Bernardes-de-Oliveira *et al.*, 2002).

**Formação São Paulo:** porção superior do Grupo Taubaté. O limite inferior é discordante e erosivo com a Formação Tremembé, assim como seu limite superior com a Formação Pindamonhangaba. Caracteriza-se por um sistema fluvial meandrante com fácies sedimentares caracterizadas por arenitos grossos, conglomeráticos, siltitos e argilitos laminados.

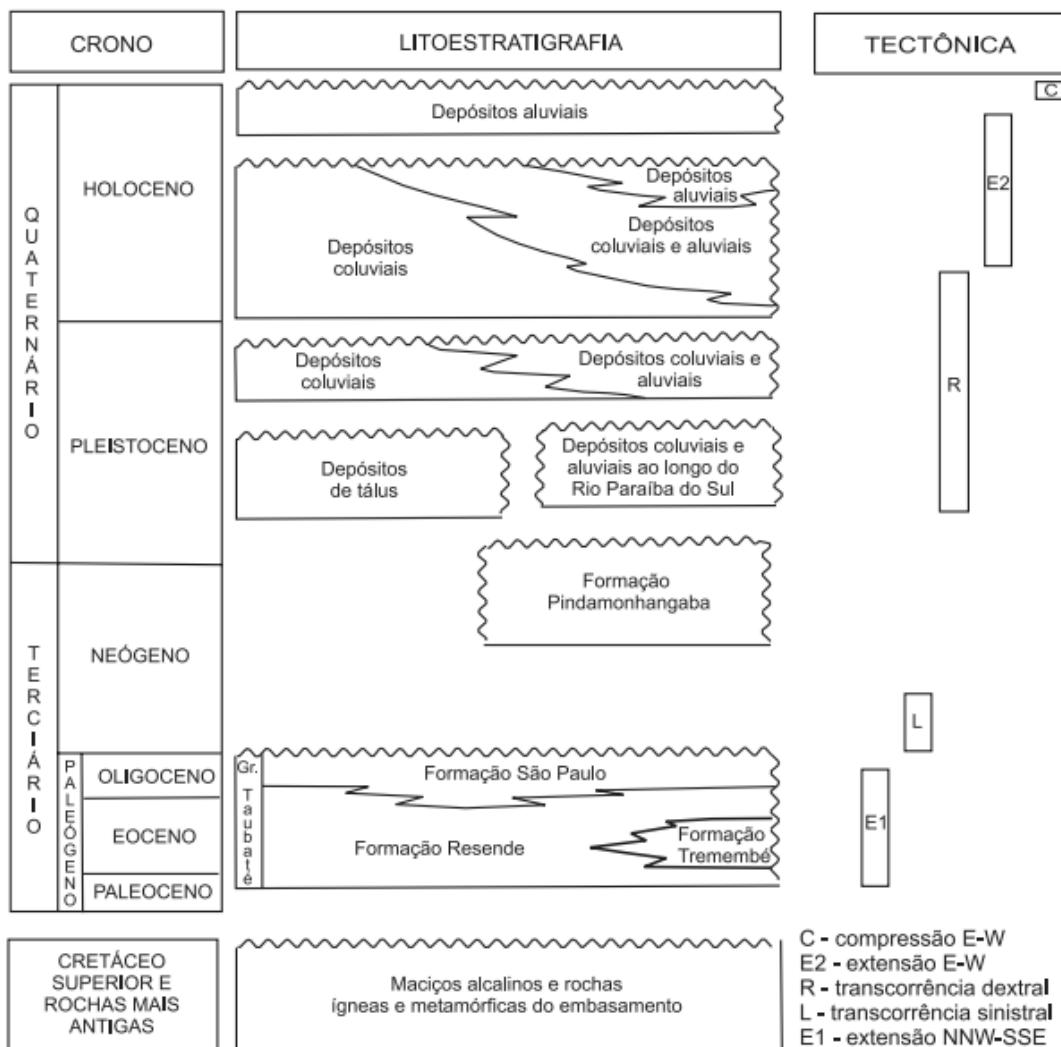
**Formação Pindamonhangaba:** corresponde a um sistema fluvial meandrante que recobre discordantemente ao Grupo Taubaté. Constitui-se de conglomerados e arenitos grossos com estratificações cruzadas planares, acanaladas e localmente argilitos (Membro Rio Pararangaba) e argilitos, ritmitos, arenitos finos (Membro Presidente Dutra).

Posteriormente a todas essas unidades, ocorrem depósitos aluviais e coluviais.

Molinari *et al.* (2005), baseado em sismoestratigrafia, identificam duas novas unidades preservadas abaixo do Grupo Taubaté.



**Figura 6:** Arcabouço estrutural da bacia de Taubaté com base em linhas sísmicas de reflexão. Extraído de Marques (1990).



**Figura 7:** Quadro estratigráfico do segmento central do SRCSB. Extraído de Riccomini (1989); Salvador & Riccomini (1995).

### 3.3.2 Bacia de Resende:

A bacia de Resende (Figura 8) está localizada no extremo oeste do estado do Rio de Janeiro, no médio curso do rio Paraíba do Sul. Embutida entre o maciço de Itatiaia e a serra da Mantiqueira (N-NW), e a serra da Bocaina (S-SE), limita-se entre as localidades de Engenheiro Passos e Quatis, abrangendo os municípios de Itatiaia, Resende, Barra Mansa, Porto Real e Quatis, no médio vale do rio Paraíba do Sul.

Estende-se por 47 km e cobre uma superfície de cerca de 240 km<sup>2</sup>, possuindo largura média de 4,5 km (Melo *et al.*, 1985b; Ramos *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2006).

Apresenta uma bem marcada compartimentação transversal, sendo o exemplo mais notável a Soleira de Resende (Melo *et al.*, 1983; 1985b) gerada por falhas NNE-SSW durante a tectônica distensiva que gerou o *semigráben*. Escobar (1999) *apud* Ramos (2003), através de levantamento gravimétrico, determinou três depocentros (Figura 9): um a leste do alto estrutural de Resende (depocentro Porto Real) com a espessura do pacote sedimentar alcançando valores de até 550 m; um a oeste (depocentro Penedo) e outro na extremidade oriental da bacia, apresentando profundidade menor (depocentro Quatis).

O preenchimento sedimentar (Figura 10) aqui descrito foi proposto por Ramos (1997) e Ramos *et al.* (2006):

**Formação Ribeirão dos Quatis:** constituída por conglomerados com arenitos e pelitos subordinados, relacionada a um antigo sistema fluvial entrelaçado implantado sobre o embasamento dissecado. Representa a fase pré-*rift* das bacias do segmento fluminense do SRCSB, sendo a unidade cenozóica mais antiga da bacia de Resende. Seu contato com a Formação Resende não é visualizado em campo e o critério de separação dessas formações foi baseado em associação de litofácies, maturidade composicional e textural.

**Formação Resende:** posteriormente, ocorrem os depósitos da já descrita Formação Resende (vide item 3.2.1), sendo que nesta bacia foram definidos dois membros, denominados Itatiaia (leques aluviais ricos em detritos alcalinos) e Acáias (fluvial entrelaçado com afogamentos episódicos). Recentemente, Costa (2009) reduziu a extensão areal dos depósitos atribuídos ao Membro Acáias no setor leste da bacia de Resende e os associou à Formação Pinheiral (Sanson, 2006) na bacia de Volta Redonda.

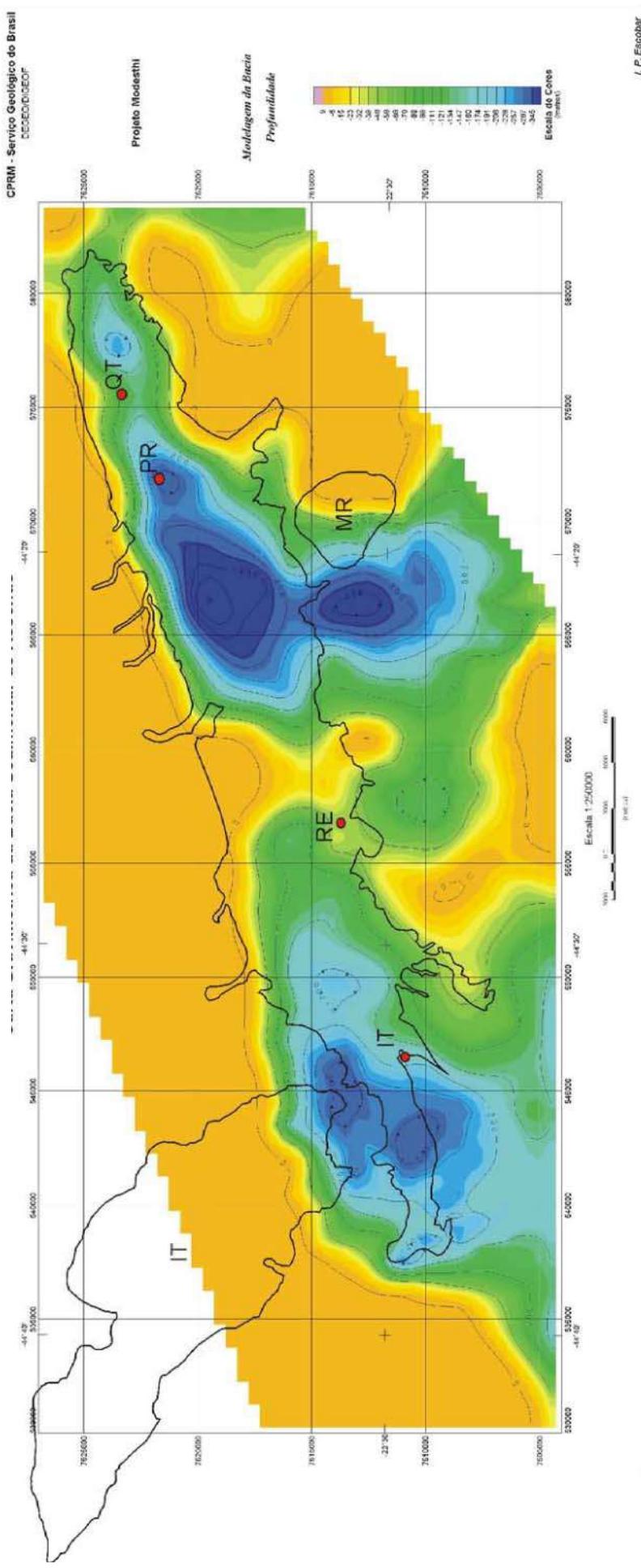
**Formação Floriano:** no Mioceno (?), ocorreu a sedimentação correspondente à Formação Floriano, caracterizada por conglomerados com intraclastos capeados por arenitos arcoseanos com estruturas acanaladas, siltitos e pelitos de um paleossistema fluvial

meandrante. Como não há uma clara relação de contato entre as formações Resende e Floriano, e por ser a denominação “Formação Floriano” (Amador, 1975) precedente, não foram utilizados os termos São Paulo ou Pindamonhangaba.

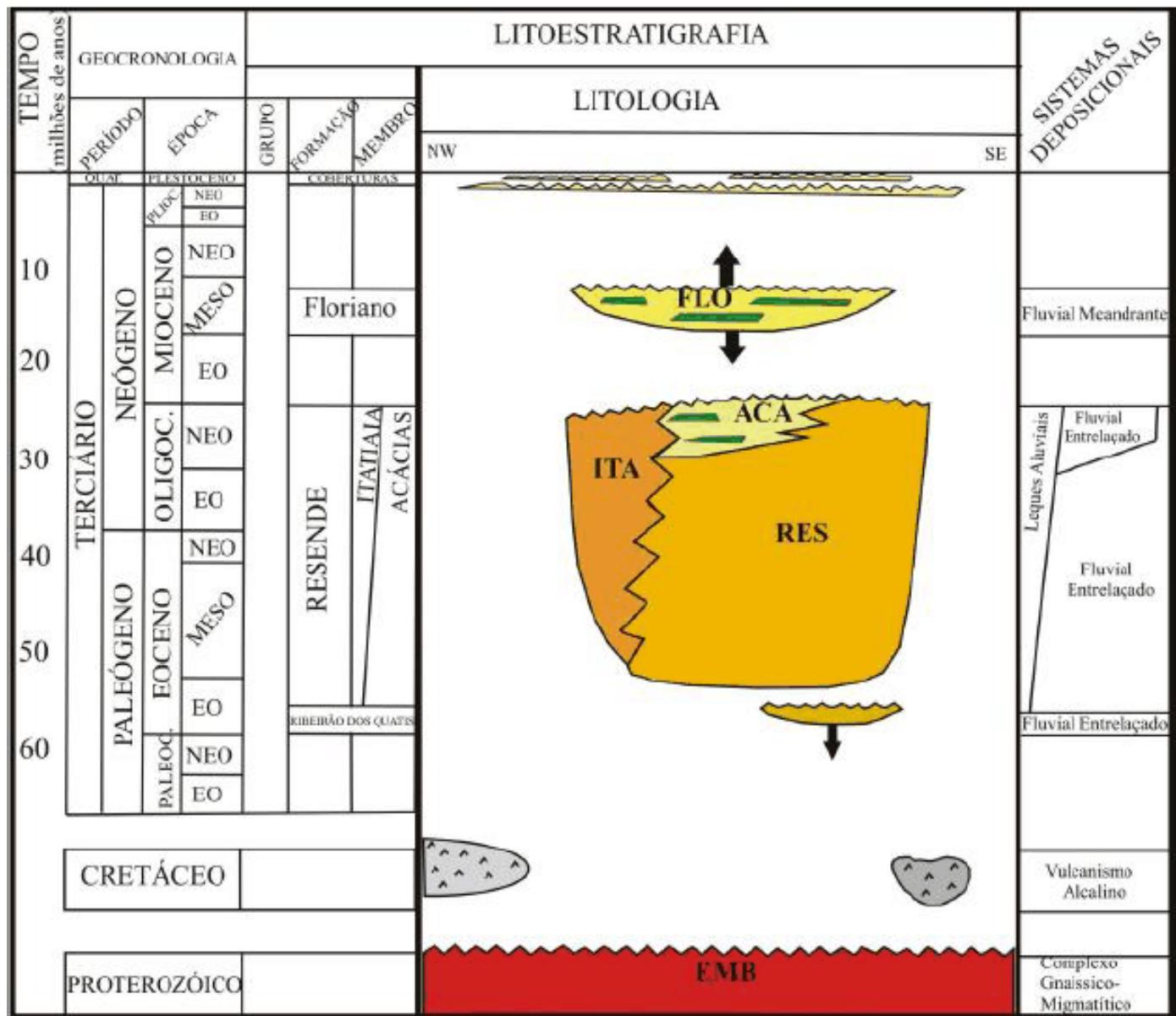
A fase final de deposição, assim como na bacia de Taubaté, também é representada por sedimentos aluviais e coluviais do Quaternário.



**Figura 8:** Mapa geológico da bacia de Resende. Extraído de Ramos *et al.* (2005).



**Figura 9:** Mapa de anomalias gravimétricas da bacia de Resende e seu entorno. (IT) Iiatiaia; (RE) Resende; (PR) Porto Real; (QT) Quatis; (MIT) maciço alcalino do Itatiaia; (MR) maciço alcalino do Morro Redondo. Extruído de Escobar (1999) *apud* Ramos (2003).



**Figura 10:** Quadro estratigráfico da bacia de Resende. Extraído de Ramos *et al.* (2005).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS:

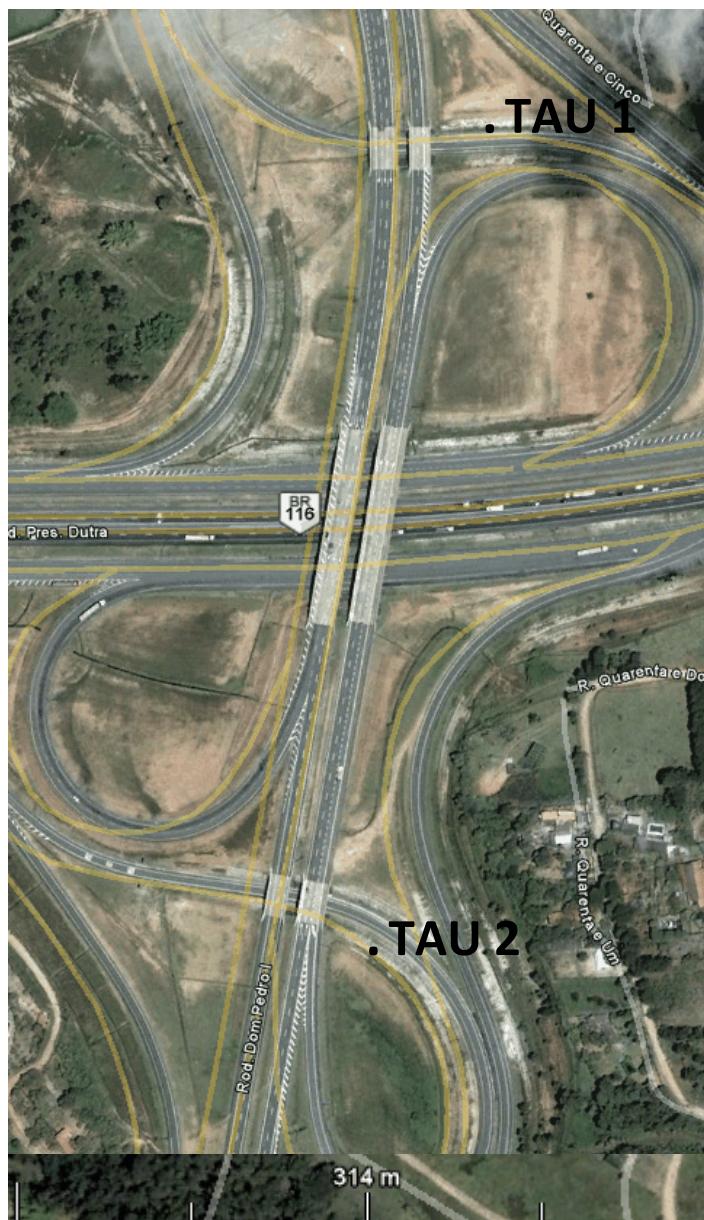
Esta parte do trabalho foi dividida em duas etapas que serão descritas a seguir:

### 4.1 ETAPA DE CAMPO:

O trabalho de campo foi realizado no dia 16 de fevereiro de 2011. Foram confeccionados dois perfis estratigráficos, em escala 1:20, para descrição dos atributos faciológicos da Formação Resende da bacia de Taubaté em dois afloramentos que se localizam nas proximidades do encontro da Rodovia D. Pedro I (SP-065) com a Rodovia Presidente Dutra (BR-116). Apenas onze amostras de argilitos e siltitos das duas bacias foram coletadas (figuras 11 e 12) para análises de geoquímica orgânica dos perfis TAU 1, TAU 2 e também na seção-tipo da Formação Resende (Rodovia Presidente Dutra km 307, 7 sentido Rio São Paulo, Amador, 1975). Foi utilizada uma câmera fotográfica (Sony Cybershot DSC-W55) para ilustração das fácies observadas.



**Figura 11:** Localização da seção-tipo da Formação Resende (RES). Extraído e adaptado do programa *Google Earth* consultado no dia 26/09/2011. Coordenadas UTM: 0554453E; 7516152 N; Fuso: 23K; Datum: Córrego Alegre.



**Figura 12:** Localização dos perfis estratigráficos TAU 1 e TAU 2. Extraído e adaptado do programa *Google Earth* consultado no dia 18/09/2011. Coordenadas UTM: 0393250 E; 7421770 N; Fuso: 23K; Datum: Córrego Alegre.

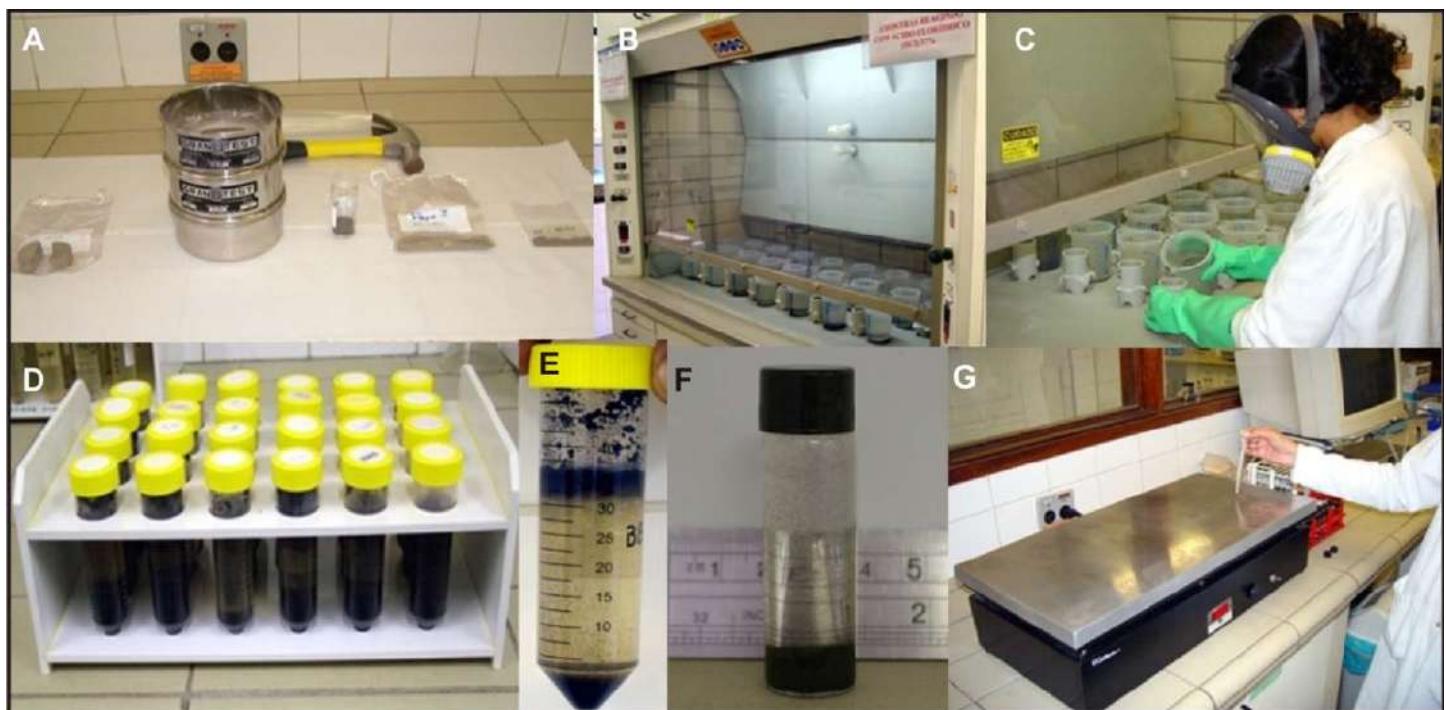
## 4.2 ETAPAS PÓS-CAMPO:

### 4.2.1 Preparação de lâminas organopalinológicas:

Para esta etapa, foi realizado o estudo da faciologia orgânica em amostras de afloramento dos pelitos da Formação Resende de ambas as bacias. A preparação das onze amostras seguiu os procedimentos palinológicos não oxidativos descritos por Tyson (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho *et al.* (2010a). As amostras foram fragmentadas,

sendo que entre 2g a 3g de material foi separado para análise de carbono orgânico total (COT) e entre 20g a 30g de material foi separado para obtenção de um concentrado de querogênio (Figura 13).

A primeira etapa da obtenção do concentrado de querogênio consiste na acidificação da amostra com ácido clorídrico (37%) por aproximadamente 18 horas para eliminação da fração carbonática. Após a neutralização do HCl, se inicia a segunda etapa, onde é utilizado o ácido fluorídrico (40%) por aproximadamente 22 horas para a eliminação da fração silicática. Após a neutralização do HF, novamente há acidificação com HCl (37%) por 3 horas para a eliminação dos possíveis fluorsilicatos formados durante as etapas anteriores. Após o HCl neutralizado houve, posteriormente, utilização de cloreto de zinco para separação por flotação da fração orgânica. Após toda essa fase, houve nova acidificação com HCl (10%) para neutralizar o  $ZnCl_2$ . Após a última neutralização, finalmente, confeccionaram-se as lâminas organopalinofaciológicas com o resíduo orgânico.



**Figura 13:** Procedimentos para a preparação das amostras: (A): fragmentação das amostras; (B e C): acidificação com HCl e HF e posterior neutralização; (D): separação por flotação com  $ZnCl_2$ ; (E): querogênio isolado; (F): concentrado da matéria orgânica; (G): preparação das lâminas organopalinofaciológicas. Extraído de Mendonça Filho *et al.* (2010a).

#### **4.2.2 Análises geoquímicas:**

A análise de carbono orgânico total (COT) foi obtida através do forno de indução do determinador de carbono WR-12 LECO. O analisador SC-144DR LECO é um instrumento de quantificação simultânea de carbono e enxofre de um detector de infravermelho.

#### **4.2.3 Análise de palinofácies:**

Nas lâminas organopalinofaciológicas foi feita a análise qualitativa (contagem de 300 a 500 partículas) e qualitativa (identificação das partículas) dos grupos e subgrupos da matéria orgânica (tabela 1) através da utilização de técnicas de microscopia sob luz branca transmitida e luz azul/ultravioleta incidente (fluorescência). A contagem também segue a classificação dos grupos e subgrupos da matéria orgânica proposta por Tyson (1995) e Mendonça Filho (1999). Ao término da contagem dos componentes orgânicos, os valores absolutos foram recalculados para valores percentuais e normalizados a 100%. Foram confeccionados diagramas binários e ternários para uma melhor visualização dos resultados utilizando os programas STATISTIC 7.0 e Microsoft Office Excel 2007.

#### **4.2.4 Digitalização dos perfis estratigráficos:**

Os perfis estratigráficos foram digitalizados no programa de computação gráfica CorelDRAW® X5.

## 5 ANÁLISES DE FÁCIES SEDIMENTAR E GEOQUÍMICA ORGÂNICA:

A interpretação da litofácie é a primeira ferramenta usada para compreensão das condições em que os sedimentos foram depositados e preservados, sendo a palinofácie a segunda (Oboh-Ikuenobe *et al.*, 2005). Isso se deve porque as amostras para palinofácie são obtidas apenas para os pelitos do perfil. Cada fácie sedimentar é caracterizada por uma palinofácie distinta (del Papa *et al.*, 2002).

Uma boa definição da sucessão e das associações de fácie permite a construção de um modelo de fácie, que pode ser definido como uma síntese geral de um sistema deposicional particular. A caracterização de uma determinada fácie sedimentar contribui significativamente para a identificação do processo que a gerou; o reconhecimento das sucessões de fácie e das associações de fácie fornece critérios para a elaboração de um modelo de fácie e, consequentemente, identificação do paleoambiente deposicional (Borghi, 2000).

A interpretação de palinofácie é bastante útil tanto para datações relativas como também para interpretação de condições ecológicas e ambientais, tipo de aporte terrestre, condições redox, tendências transgressiva / regressiva que predominavam em bacias sedimentares durante seu preenchimento. Em trabalhos de palinofácie é feita a identificação dos componentes palinológicos individuais (fitoclastos, palinomorfos e matéria orgânica amorfa) e suas proporções relativas em qualquer uma das amostras observando seu tamanho, forma e estado de preservação (Tyson, 1993; 1995). Vem sendo amplamente utilizada por se tratar de uma técnica que possui quase sempre resultados eficazes. É também um tipo de estudo multidisciplinar, frequentemente associado a estudos de sedimentologia, estratigrafia e geoquímica orgânica.

## 5.1 CONCEITO DE FÁCIES SEDIMENTAR:

Selley (1970) *apud* Borghi (2000) define fácie sedimentar como uma massa de sedimento ou rocha sedimentar caracterizada e distinguida das demais pela litologia, geometria estratal, estruturas sedimentares, petrotrama, cores, fósseis e por atributos direcionais.

Borghi (2000) define associação de fácies como uma relação tridimensional de fácies, ou seja, uma relação espacial elaborada ou expressa por correlação de perfis ou por seções sedimentológicas. Perfis estratigráficos detalhados são importantes para caracterizar uma sucessão de fácies, que consiste numa relação de seqüenciamento linear das fácies, contribuindo com informações importantes que a fácie sedimentar isolada não é capaz de fornecer. A litofácie enfatiza a litologia como característica principal na distinção de fácies, normalmente acompanhado da definição das estruturas sedimentares, textura e geometria.

## 5.2 CONCEITO DE PALINOFÁCIES:

O conceito de palinofácie foi introduzido por Combaz (1964) e é definido como o estudo palinológico do total de componentes da matéria orgânica contida em um sedimento após a remoção da matriz sedimentar pela acidificação com ácido clorídrico e ácido fluorídrico.

Segundo Tyson (1995), a análise de palinofácie é definida como um corpo de sedimento contendo componentes distintos da matéria orgânica palinológica que reflete um grupo específico de condições ambientais, possivelmente associado com um potencial de geração de hidrocarbonetos característicos. Esta análise compreende o exame qualitativo e quantitativo do querogênio, ou seja, a integração de todos os aspectos dos componentes da matéria orgânica como identificação dos componentes particulados individuais, determinação de suas proporções relativas e seu estado de preservação.

### 5.3 DEFINIÇÃO DE QUEROGÊNIO:

Welte (1972) define querogênio como a fração da matéria orgânica sedimentar que é insolúvel em solventes orgânicos, sendo mais comumente rica em hidrogênio e de baixa aromaticidade. Os componentes do querogênio refletem as condições redox do ambiente deposicional e sua proximidade com uma fonte fluvial ativa (Tyson, 1993).

Os três principais grupos de constituintes morfológicos que compõem o querogênio (Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Tabela 1) são: fitoclastos, palinomorfos e matéria orgânica amorfã (MOA). Os palinomorfos são todos os microfósseis de parede orgânica resistentes ao ataque com ácidos clorídrico e fluorídrico. Divididos em esporomorfos de origem terrestre e organismos aquáticos, auxiliam na indicação de proximidade de fontes fluviais e tendências de transgressão ou regressão. Os fitoclastos representam todas as partículas de tamanho argila ou areia fina do querogênio derivado de vegetais superiores ou fungos, apresentando-se bioestruturados ou estruturados ou “pseudoamorfos”. Primeiramente, são divididos em não-opacos (desde coloração amarelada a marrom muito escuro) e opacos (pretos). Os não-opacos possuem uma subdivisão mais detalhada devido seus elementos estruturais e estado de preservação, aspectos importantes para compreensão de tendências preservacionais e energia dos paleoambientes deposicionais. A matéria orgânica amorfã faz alusão a todo material orgânico retrabalhado ou degradado por bactérias, não apresentando estrutura e forma definida. Sua preservação determina o potencial de hidrocarbonetos e caracterização de fácies orgânica.

É relevante também a observação da matéria orgânica antes da sua transformação em querogênio, já que cada componente orgânico reage de maneiras diferentes aos processos de biodegradação, abrasão física, mudanças relacionadas à Eh e pH da coluna d’água e dos sedimentos (Menezes *et al.*, 2008).

#### 5.4 CARBONO ORGÂNICO TOTAL:

A quantidade e estado de preservação da matéria orgânica presente em um sedimento é expressa através do conteúdo de carbono orgânico total, que inclui a parte insolúvel (querogênio) e solúvel (betume). Esta última contém apenas 0,1% a 0,2% do conteúdo de COT (Tissot & Welte, 1984). É correlacionado também aos resultados sobre a origem e o estado de evolução térmica da matéria orgânica, além de indicar se uma rocha sedimentar tem ou não potencial para ser geradora de hidrocarbonetos.

GRUPOS & SUBGRUPOS		ORIGEM	DESCRIÇÃO	
Matéria Orgânica Amorfa	“MOA”	Material orgânico derivado de ataque microbiológico	Material não estruturado e com formato variado; cor: amarelo-laranja-vermelho; laranja-marrom; cinza, algumas vezes inclusões como palinomorfos, fitoclastos, pírita, etc; fluorescente a não-fluorescente.	
	Resina	Derivado de vegetais terrestres superiores de florestas tropicais e subtropicais	Partícula não estruturada, hialina, usualmente arredondada, homogênea, fluorescente a não-fluorescente.	
Fitoclastos	Opaco	Equidimensional	Derivado de tecidos lenhosos de vegetais superiores ou fungos	Partícula de cor preta de forma quadrática. Sem bioestruturas internas.
		Alongado		Partícula de cor preta de forma alongada. Eixo longo três vezes mais do que o eixo curto. Sem bioestrutura interna.
	Não-Opaco	Não-bioestruturados		Partícula de cor marrom não bioestruturada
		Bioestruturados		Partícula de cor marrom bioestruturada (estriada, listrada, bandada, perfurada)
		Cúticas		Partículas de cor amarelo-pálido a marrom claro, delgadas, com estrutura celular, em alguns casos com estômatos visíveis.
		Membranas		Partículas de cor amarelo-pálido, comumente transparentes, sem estrutura celular.
		Hifas de Fungo		Filamentos individuais do micélio da fase vegetativa dos fungos.
Palinomorfos	Esporomorfo	Esporo	Palinomorfo terrestre produzido por pteridófitos, briófitas e fungos.	Palinomorfo de forma triangular ou circular, apresentando a marca trilete (“Y”) ou monoleta (uma cicatriz) Ornamentação variada.
		Grão de Pólen	Palinomorfo terrestre produzido por gimnospermas e angiospermas	Palinomorfo com morfologia complexa a simples; usualmente esférico a subesférico; ornamentação variada; pode apresentar aberturas.
	Microplâncton de água doce	<i>Botryococcus</i>	Alga Chlorococcace	Colônias globular irregular; tamanho 30 a 2000 ? m, algumas vezes com vários lóbulos; laranja-marrom. Carbonífero-Recente.
		<i>Pediastrum</i>		Algas verdes coloniais, radialmente simétricas; tamanho 30-200?m em diâmetro e com um ou dois chifres no anel mais externo das células. Células internas podem ser de forma irregular com espaços entre elas ou compactadas. Jurássico?-Recente.
	Microplâncton marinho	Dinoflagelados	Restos de cistos produzidos durante a parte sexual do ciclo de vida da Classe Dinophyce	Principal característica é a paratubulação que divide a teca do cisto em placas retangulares ou poligonal separadas por suturas. Três morfologias principais: proximados, cavados e corados. Muitas vezes com uma abertura (arqueópilo). Através a qual ocorre o encistamento. Jurássico-Recente.
		Prasinófitas	Microfósseis produzidos por pequenas algas quadriflageladas (Divisão Pyrophyta)	Maioria, como <i>Tasmanites</i> , são esféricas; diâmetro 50 à 2000 ?m. Pré-Cambriano-Recente.
	Zoomorfo	Palinoforaminífero	Película interna que reveste a carapaça de foraminíferos	Parede interna quitinosa; marro; câmaras menores muitas vezes mais escuras.

**Tabela 1:** Classificação geral dos principais componentes da matéria orgânica. Extraído de Tyson (1995) e Mendonça Filho (1999).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### 6.1 FÁCIES SEDIMENTARES:

A seguir, a descrição das fácies observadas e suas associações:

#### 6.1.1 Tabela de fácies:

Neste trabalho, foram caracterizadas cinco fácies sedimentares rudíticas, seis areníticas e quatro pelíticas (Tabela 2). Os códigos aqui utilizados acompanham a classificação adotada por Ramos (2003), Ramos *et al.* (2006) e Brêda (2010).

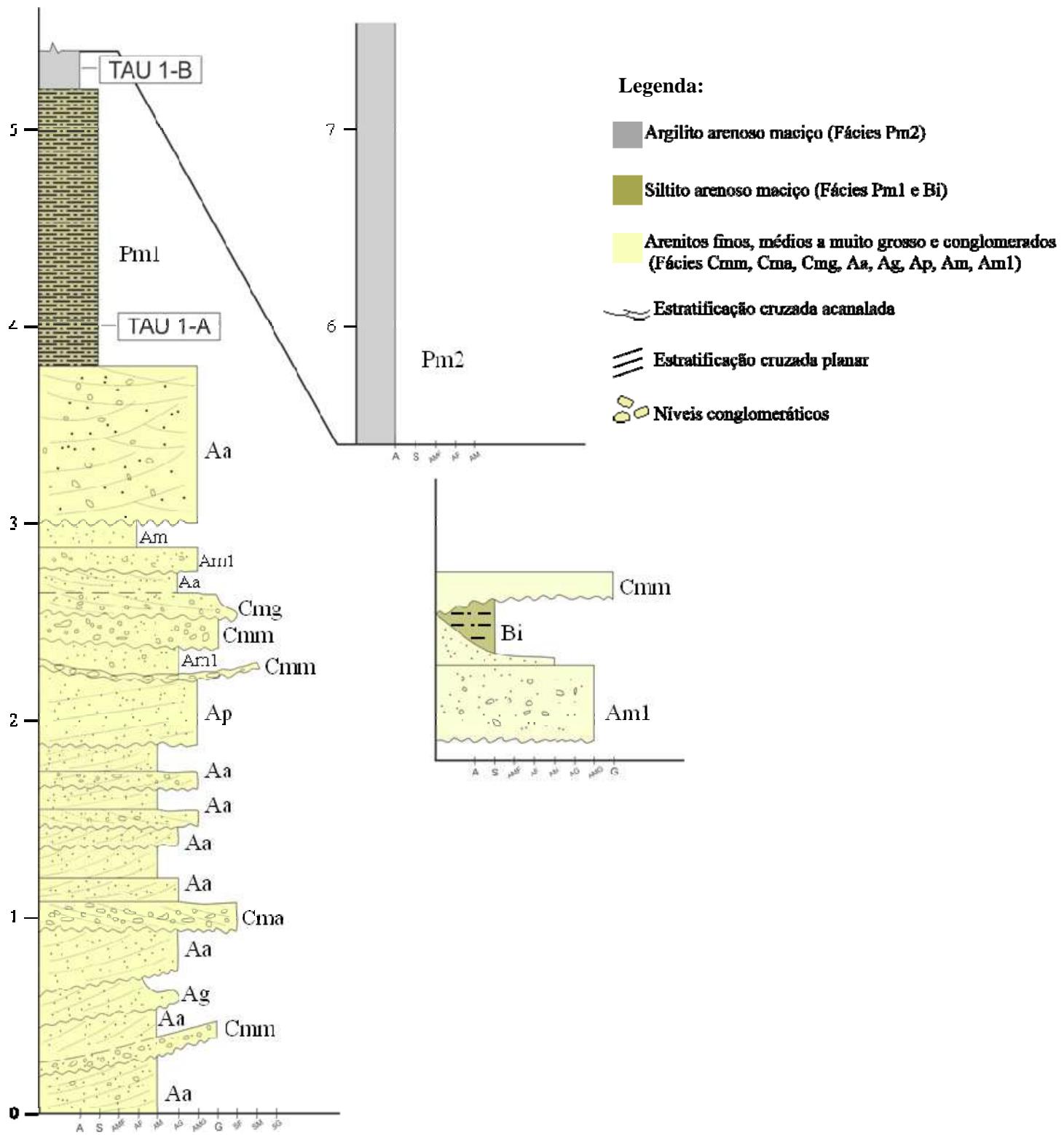
CÓDIGO	DIAGNOSE	DESCRÍÇÃO	INTERPRETAÇÃO
Ca	Conglomerados finos, sustentado pelos clastos, com estrutura cruzada acanalada	Coloração acinzentada, seixos subangulosos a angulosos, com matriz arenosa	Migração de megamarcas onduladas cascalhosas de crista sinuosa, sob fluxo trativo unidirecional em regime de fluxo superior nas partes mais profundas do canal
Ccm	Conglomerados finos, sustentado pelos clastos, maciço	Coloração acinzentada, seixos subangulosos à angulosos com matriz arenosa e intraclastos de argila	Fluxo trativo unidirecional em regime de fluxo superior
Cmm	Conglomerados finos a grossos, sustentado pela matriz, maciço	Coloração acinzentada, seixos de quartzo e feldspatos subangulosos à subarredondados com matriz arenosa	Fluxo trativo unidirecional em regime de fluxo superior
Cma	Conglomerados finos a grossos, sustentado pela matriz com estrutura acanalada	Coloração acinzentada, seixos de quartzo e feldspato subangulosos à subarredondados com matriz arenosa	Migração de megamarcas onduladas cascalhosas de crista sinuosa, sob fluxo trativo unidirecional em regime de fluxo superior nas partes mais profundas do canal
Cmg	Conglomerados finos a grossos, sustentado pela matriz com graduação normal	Coloração acinzentada, seixos de quartzo e feldspato subangulosos à subarredondados com matriz arenosa	Fluxo trativo unidirecional com desaceleração

Am	Arenito maciço	Arenito fino, de coloração esbranquiçada, moderadamente a mal selecionado, grãos subangulosos a angulosos	Fluxo trativo unidirecional
	Arenito maciço	Arenito médio a grosso, de coloração esverdeada a esbranquiçada, moderadamente a mal selecionado, grãos subangulosos, com intraclastos de argila. Pode apresentar bioturbação e níveis conglomeráticos	Fluxo trativo unidirecional com rápida desaceleração, com atividade biogênica e pedogenética
	Arenito com graduação normal	Arenito médio a muito grosso, coloração esbranquiçada, moderadamente a muito mal selecionado, grãos subangulosos a angulosos	Fluxo trativo unidirecional com desaceleração
	Arenito com estratificação cruzada planar	Arenito médio a muito grosso, coloração esbranquiçada, moderadamente a muito mal selecionado, grãos subangulosos a angulosos	Migração de megamarcas onduladas de crista reta sob fluxo trativo unidirecional (regime de fluxo inferior) em meio aquoso
	Arenito com estratificação cruzada acanalada	Arenito médio a muito grosso, coloração esbranquiçada, moderadamente a muito mal selecionado, grãos subangulosos a angulosos, podendo apresentar lentes e níveis de conglomerados	Migração de megamarcas onduladas de crista sinuosa sob fluxo trativo unidirecional (regime de fluxo inferior) em meio aquoso
	Arenito com estratificação horizontal	Arenito médio a grosso, de coloração acinzentada, moderadamente a mal selecionado, com grãos subangulosos a angulosos	Deposição de lençóis de areia durante enxurradas (regime de fluxo superior)
	Siltito argiloso a argilito, maciço, com estruturas de bioturbação	Coloração verde-oliva, camadas tabulares, podendo apresentar laminação mal definida	Decantação em planície de inundação, com atividade biogênica
	Siltito arenoso, maciço, com estruturas de bioturbação	Coloração verde oliva, muito mal selecionado, com grãos de areia angulosos a subangulosos	Decantação em planície de inundação com atividade biogênica e modificações pós-deposicionais
	Argilito arenoso, maciço	Coloração verde oliva pálido, mosqueado com $Fe_2O_3$ , com grãos de areia angulosos a subangulosos, podendo apresentar gretas de ressecamento	Abandono de canal ativo com decantação de carga suspensiva e/ou decantação em planície de inundação com exposição dos depósitos
	Brecha intraformacional	Coloração acinzentada, com geometria lenticular e envolvida por estratos de origem trativa	Erosão subaquosa do substrato pelítico por correntes trativas unidireccionais

**Tabela 2:** Tabela mostrando código, diagnose, descrição e interpretação de cada litofácies identificada nos perfis RES, TAU 1 e TAU 2. Extraído e adaptado de Ramos (2003); Ramos *et al.* (2006) e Breda (2010).

### 6.1.2 Associação de fácies (Perfil TAU - 1)

No perfil estratigráfico TAU 1 (Figura 14) associam-se as fácies Cmm, Cma, Cmg, Ag, Aa, Ap, Am, Am<sub>1</sub>, Pm<sub>1</sub>, Pm<sub>2</sub> e Bi. A nomenclatura TAU-1A e TAU-1B corresponde as amostras coletadas para análise de geoquímica orgânica.



**Figura 14:** Perfil estratigráfico da seção TAU 1 mostrando as fácies e posição das amostras extraídas para análise de geoquímica orgânica.

O perfil TAU 1, que apresenta uma superposição de ciclos granodecrescentes, assemelha-se com a associação de fácies 5 de Ramos (2003) e Ramos *et al.* (2006), que a caracterizam como um sistema fluvial entrelaçado com afogamentos episódicos.

Correspondem a arenitos arcoseanos médios a muito grossos com estruturas sedimentares acanaladas de médio porte (litofácies Aa), sendo esta a litofácies que predomina no perfil. Essa litofácies é intercalada por algumas camadas de conglomerado sustentado pela matriz (fácies Cmm, Cmg e Cma, Figura 15) e arenitos com estratificação cruzada planar, gradação normal e maciça (fácies Ap, Ag, Am e Am<sub>1</sub>, Figura 16). No topo desses ciclos, aparecem camadas de siltito e argilito (litofácies Pm<sub>1</sub> e Pm<sub>2</sub>). Localmente, também ao topo do perfil, foi descrita a fácie Bi entre camadas de fluxo trativo.



**Figura 15:** Arenitos arcoseanos (fácie Aa) do perfil TAU 1 intercalados por conglomerados (fácie Cmm).



**Figura 16:** Arenitos arcoseanos (fácies Aa) do perfil TAU 1 intercalados por arenitos maciços (fácies Am<sub>1</sub>).

Ramos (2003) descreve que acima das fácies rudáceas, interpretadas como lençóis de cascalho, houve migração da litofácies Aa. Em fases em que ocorreram decréscimo da velocidade do fluxo d'água, formavam-se as fácies Ap, Ag, Am e Am<sub>1</sub>. A fácies Pm<sub>1</sub> corresponde à decantação em planícies de inundação devido ao extravasamento do canal (Bentham *et al.*, 1993; Brêda, 2010). A espessura desses depósitos (> 1m) depende da magnitude da inundação e pode representar mais de um evento, porém a atividade biogênica pós-deposicional causa homogeneização e obliteração das estruturas sedimentares, deixando-a com estrutura maciça (Bentham *et al.*, 1993; Nichols & Fisher, 2007). A fácies Pm<sub>2</sub> (Figura 17) encerra o ciclo granodecrescente do perfil TAU 1 e foi interpretado, devido à espessura métrica, como decorrente da decantação de finos em estágio final de uma avulsão e posterior

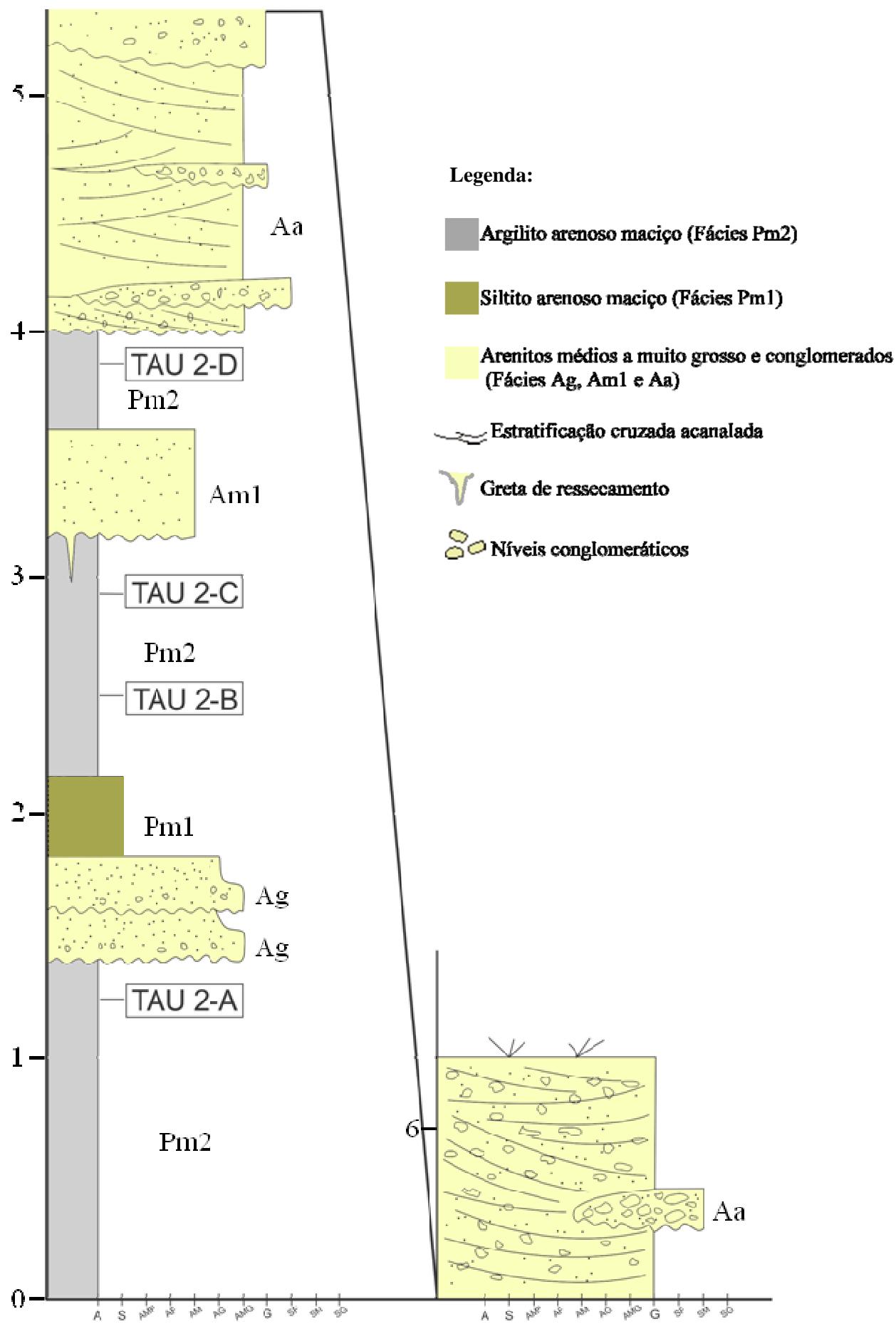
abandono do canal, ou seja, o fluxo é mudado parcialmente ou totalmente em um novo curso (Bentham *et al.*, 1993). O antigo canal, possivelmente, se comportou em seu estágio final como um ambiente lacustre.



**Figura 17:** Argilito arenoso maciço (fácie Pm<sub>2</sub>) mosqueado por Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 6.1.3 Associação de fácies: Perfil TAU 2

No perfil estratigráfico TAU 2 (Figura 18) foram identificadas e descritas as fácies Aa, Ag, Am<sub>1</sub>, Pm<sub>1</sub> e Pm<sub>2</sub>. A nomenclatura TAU 2-A, TAU 2-B, TAU 2-C e TAU 2-D corresponde as amostras coletadas para análise de geoquímica orgânica.



**Figura 18:** Perfil estratigráfico da seção TAU 2 mostrando as fácies e posição das amostras extraídas para análise de geoquímica orgânica.

Ao contrário do perfil estratigráfico TAU 1, o perfil TAU 2 exibe uma superposição de ciclos com granocrescência ascendente. Perfis semelhantes são descritos por Sanson (2006), na bacia de Volta Redonda, porém o autor separa as fácies pelíticas das areníticas e rudíticas em duas associações diferentes.

A litofácie  $Pm_2$  predomina em todo o perfil. São descritas algumas camadas métricas desta fácie, podendo apresentar gretas de ressecção (Figura 19) devido à perda de água pela forte exposição subaérea (Suguio, 2003). Neste perfil, esta fácie foi interpretada de duas formas: a camada métrica da base seria um paleocanal abandonado com uma sedimentação de finos, como descrito no topo do perfil TAU 1.



**Figura 19:** Gretas de contração na fácie  $Pm_2$  sendo preenchida pela fácie  $Am_1$ .

Em seguida, alguns possíveis eventos de enchentes ocorreram, aumentando o fluxo d'água nos canais e reativando-os. Sua posterior desaceleração corresponde às fácies Ag e Am<sub>1</sub>. Foi observada também uma camada de siltito, interpretado como depósito de inundação (fácies Pm<sub>1</sub>), assim como a fácies Pm<sub>2</sub> logo acima. Entende-se que esse argilito também pertence à planície de inundação, pois as fácies descritas em direção ao topo não indicam que esse canal é abandonado novamente.

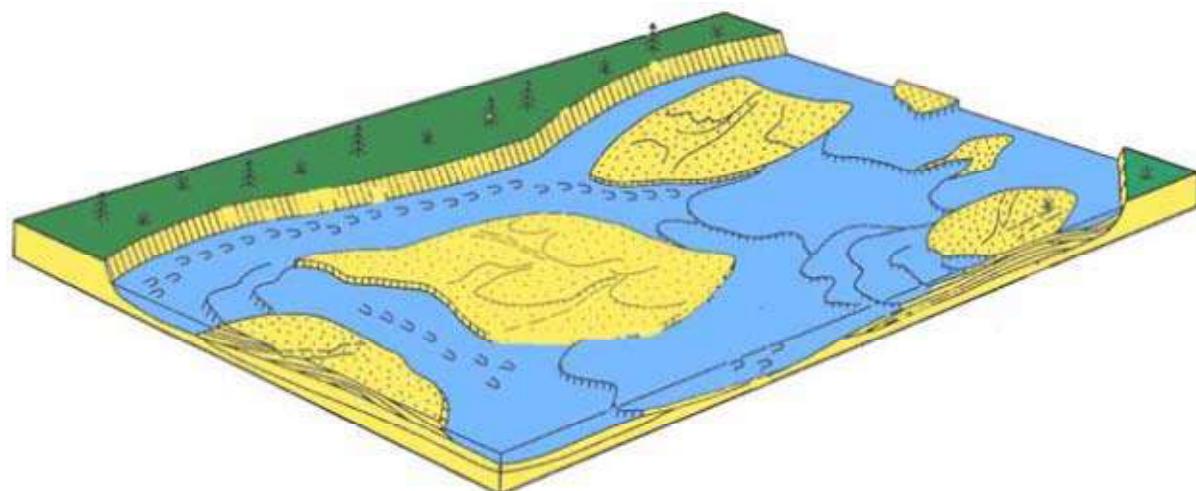
Aos poucos, este paleocanal volta a ser efetivamente ativado pela presença da fácies Aa. Algumas lentes de cascalho foram registradas e sugerem de uma rápida mudança do curso do canal (Bristow, 1987 *apud* Benthem *et al.*, 1993).

Miall (1996, Figura 20) considera que essa associação faciológica caracteriza o modelo fluvial entrelaçado de leito predominantemente arenoso, podendo ser representado por superfícies erosivas entre os eventos deposicionais e apresentando perfis granodecrescentes. Baseado no modelo de Miall (1992) *apud* Oboh-Ikuenobe *et al.* (2005), canais com conglomerados matriz-suportado e que exibem gradação normal, muito arenosos e com camadas onde sua espessura varia de 10 a 80 cm são interpretados como rios entrelaçados.

A presença de grandes volumes de material fino em depósitos de canais entrelaçados não está acordo com a maioria das interpretações e sua ausência é um útil critério aplicado em sistemas análogos modernos (Miall, 1977 *apud* Benthem *et al.*, 1993; Walter & Cant, 1984 *apud* Benthem *et al.*, 1993). Porém, Benthem *et al.* (1993) mostram que seria possível esse tipo de sedimentação nesse tipo de sistema fluvial, podendo representar planícies de inundação ou avulsão e posterior abandono do canal.

Estes autores descrevem litofácies muito similares as da Formação Resende e reconhecem que, superficialmente, o paleoambiente representaria um sistema fluvial anastomosado devido às espessas camadas pelíticas. Porém, a ausência de acresção lateral

(em escala de canal), o contato côncavo entre as fácies, a frequência da instabilidade das margens pelos processos de avulsão (forte erosão) e a preferência por regiões frias com forte escoamento sazonal não são indicativas de canais fluviais deste tipo (Riccomini & Coimbra, 1993; Ramos, 1997; Melo, 2003). Garcia *et al.* (não publicado) *apud* Neves *et al.* (2005), através de dados de paleobotânica, caracterizaram um clima tendendo a úmido na bacia de Jundiaí, o que favorece sistemas anastomosados (Riccomini & Coimbra, 1993).



**Figura 20:** Modelo fluvial entrelaçado de leito predominantemente arenoso. Extraído e adaptado de Miall (1996); Sanson (2006).

## 6.2 CARBONO ORGÂNICO TOTAL:

Em todas as onze amostras, os valores de COT foram muito baixos e as razões COT/ST (enxofre total) muito maiores que 3, refletindo um ambiente de alta oxigenação (Tyson, 2001; Berner, 1995 *apud* Mendonça Filho *et al.*, 2010b, Tabela 3).

AMOSTRA	COT %	ST%	RAZÃO COT/ST
<b>RES - 1</b>	0,14	< 0,01	14
<b>RES - 2</b>	0,12	< 0,01	12
<b>RES - 3</b>	0,13	< 0,01	13
<b>RES - 4</b>	0,15	< 0,01	15
<b>RES - 5</b>	0,13	< 0,01	13
<b>TAU 1 - A</b>	0,10	< 0,01	10
<b>TAU 1 - B</b>	0,10	< 0,01	10
<b>TAU 2 - A</b>	0,11	< 0,01	11
<b>TAU 2 - B</b>	0,09	< 0,01	9
<b>TAU 2 - C</b>	0,10	< 0,01	10
<b>TAU 2 - D</b>	0,08	< 0,01	8

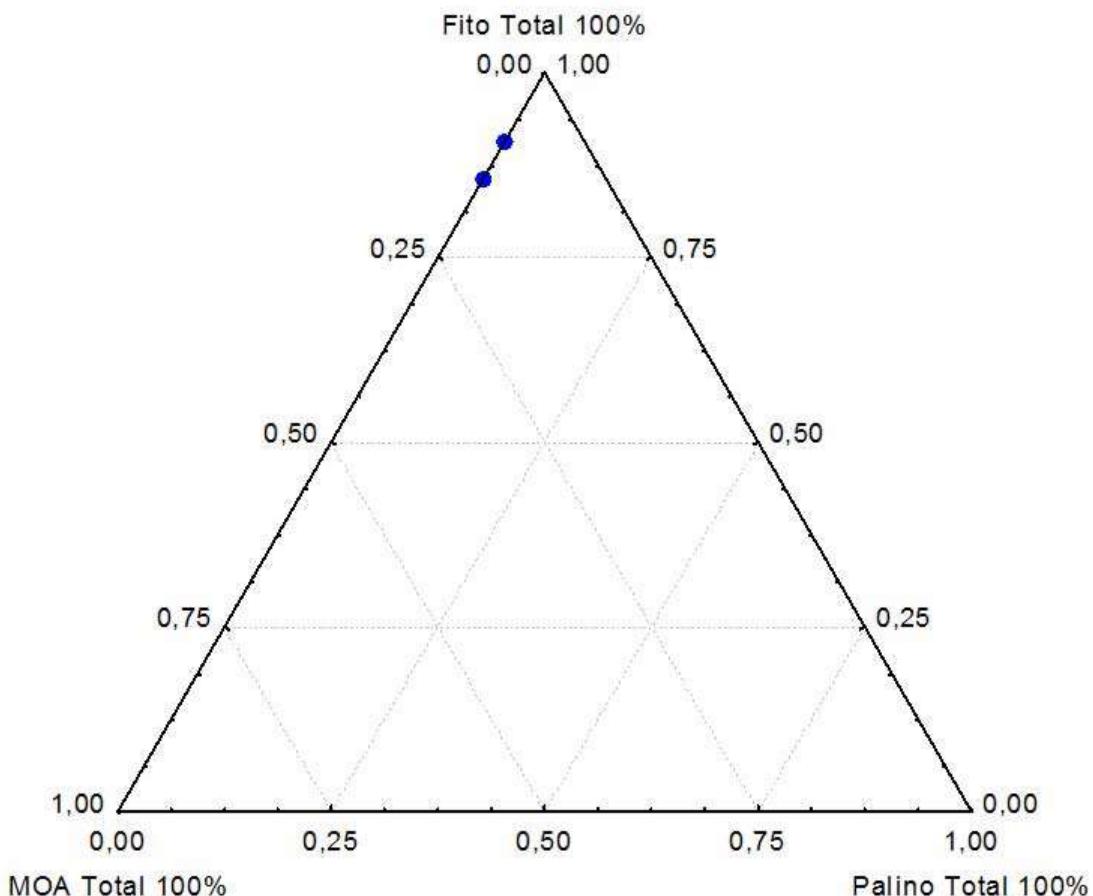
**Tabela 3:** Valores percentuais para COT, ST e razão COT/ST.

## 6.3 PALINOFÁCIES:

Baseado na análise organocomposicional, observou-se apenas dois dos três componentes principais da matéria orgânica (fitoclastos e matéria orgânica amorfa) com a predominância dos fitoclastos nas amostras RES 2 e RES 3. As amostras RES 1, RES 4, RES

5, TAU 1-A, TAU 1-B, TAU 2-A, TAU 2-B, TAU 2-C E TAU 2-D não foram recuperadas.

Todas as amostras apresentaram total ausência do grupo dos palinomorfos (Figura 21).



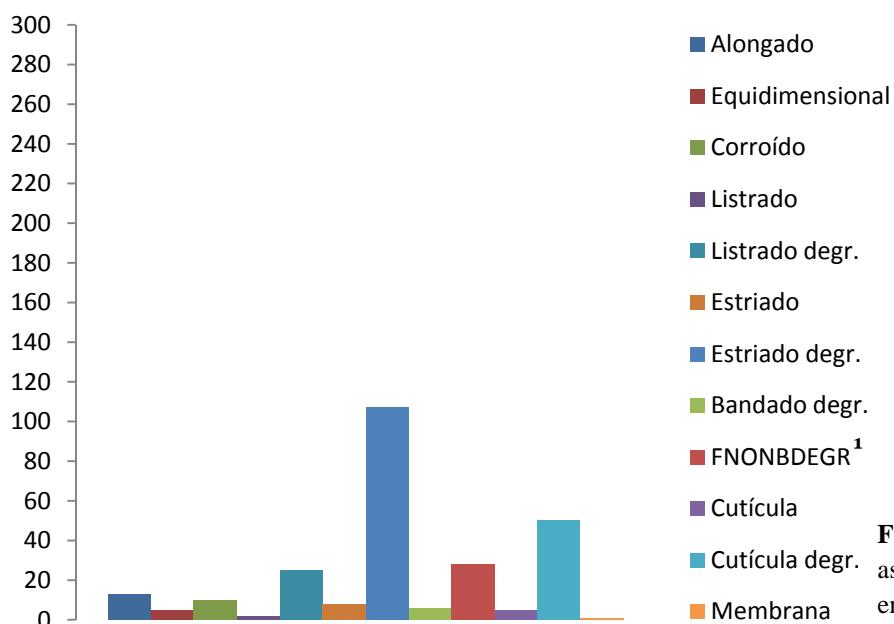
**Figura 21:** Diagrama ternário para os três principais grupos da matéria orgânica nas amostras coletadas.

Os fitoclastos nas amostras RES 2 e RES 3 apresentaram aproximadamente 85% e 90% desse componente, respectivamente. De maneira subordinada, aparece o grupo da MOA, com valores entre 10% e 15%.

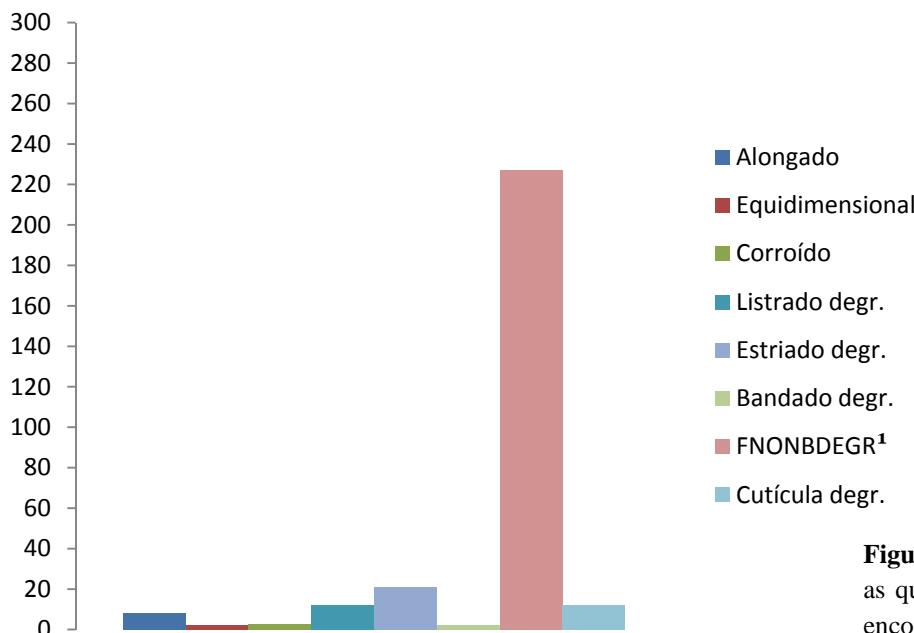
A amostra RES 2 apresenta, em sua maioria, fitoclastos não-opacos bioestruturados estriados degradados (Figura 22). Alguns fitoclastos listrados também degradados, cutículas e opacos também são encontrados (Figuras 26A, 26B, 26C, 26D e 26G). A amostra RES 3

possui o predomínio dos fitoclastos não-opacos não-bioestruturados degradados, apresentando também os estriados, os listrados, cutículas e opacos (Figuras 23, 26E, 26F e 26H).

A dominância de fitoclastos reflete uma combinação de fácies com condição ambientais geralmente óxicas e a variação de seus diferentes tipos relaciona-se ao *trend* proximal/distal e à sedimentação seletiva relacionada às condições hidrodinâmicas (Tyson, 1993; 1995; Mendonça Filho, 1999, Figura 24).

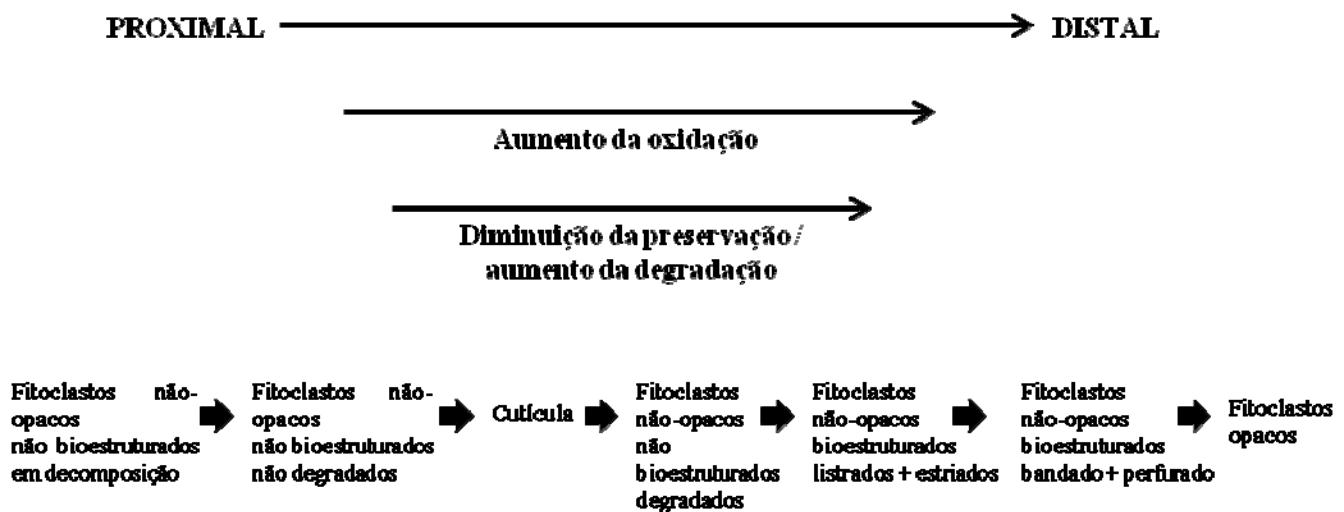


**Figura 22:** Diagrama em coluna mostrando as quantidades para cada tipo de fitoclasto encontrado na amostra RES 2.



**Figura 23:** Diagrama em coluna mostrando as quantidades para cada tipo de fitoclasto encontrado na amostra RES 3.

<sup>1</sup> Fitoclastos não-opaco não-bioestruturado degradado.



**Figura 24:** Tendências de preservação dos fitoclastos com o aumento do processo de preservação seletiva. Extraído e adaptado de Tyson (1995) e Mendonça Filho (1999).

Oboh-Ikuenobe *et al.* (2005), em seu trabalho sobre estratos do Paleógeno na Nigéria, também encontraram uma alta percentagem de fitoclastos não-bioestruturados em amostras que pertencem a sistemas entrelaçados, com aproximadamente 10% de MOA.

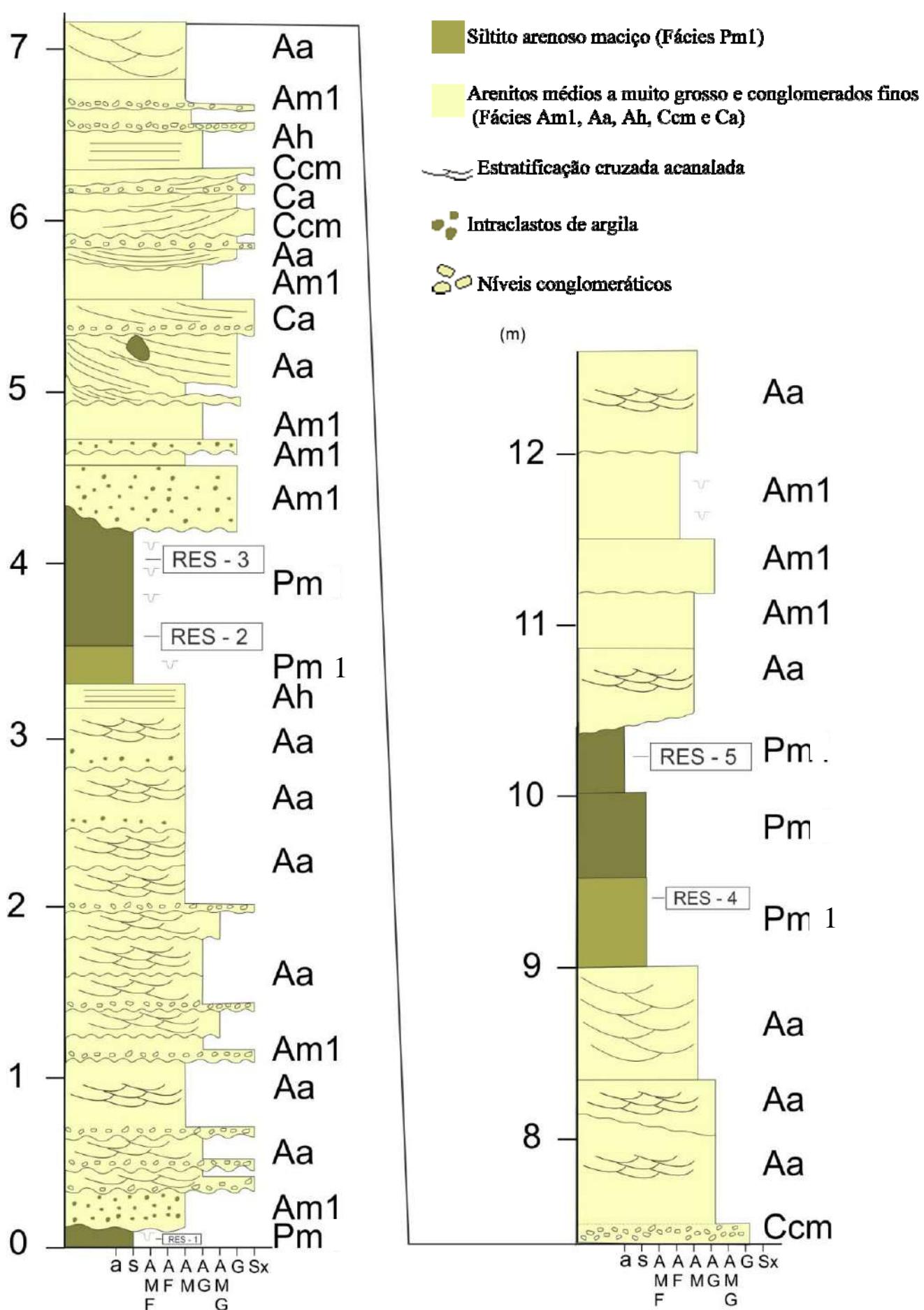
Os fitoclastos são abundantes em amostras que correspondem à fácie Pm<sub>1</sub> da seção-tipo da Formação Resende (Ramos, 2003; Brêda, 2010, Figura 25, Tabela 2). Essa fácie corresponde a siltitos argilosos, bioturbados, provenientes de decantação em planície de inundação. Os fitoclastos contidos nos sedimentos, que pertencem a partículas de plantas terrestre e/ou aquáticas, podem ser transportados por fluxos d'água e/ou por *palinodebris* e/ou produzidos *in situ* (del Papa *et al.*, 2002; Oboh-Ikuenobe *et al.*, 2005).

Melo (2003) identificou que a vegetação do paleolago Tremembé é composta por plantas da beira do lago, possuindo clima tropical/subtropical, e também de plantas de clima mais frio, que habitavam regiões mais altas. Como esse paleolago coexistiu com a Formação Resende, é possível que estes fitoclastos também sejam derivados de erosão das margens do rio e dessas regiões mais altas. Ramos (1997) descreve que sedimentos provenientes das margens da bacia, devido a tectonismo ou chuvas torrenciais, alcançavam as margens do

sistema fluvial. Contudo, a faciologia sedimentar descarta a hipótese de que estes fitoclastos tenham sido preservados em depósitos de *palinodebris*, ou seja, uma quantidade extremamente grande de matéria orgânica que se depositou em margens próximas ao canal fluvial oriundos de corridas de lama (Gastaldo *et al.*, 1996; Traverse, 1992). Esses fluxos de detritos (*palinodebris*) apenas contribuíram com a matéria orgânica, que posteriormente foram carreados pelo rio até a planície de inundação (Neves *et al.*, 2005).

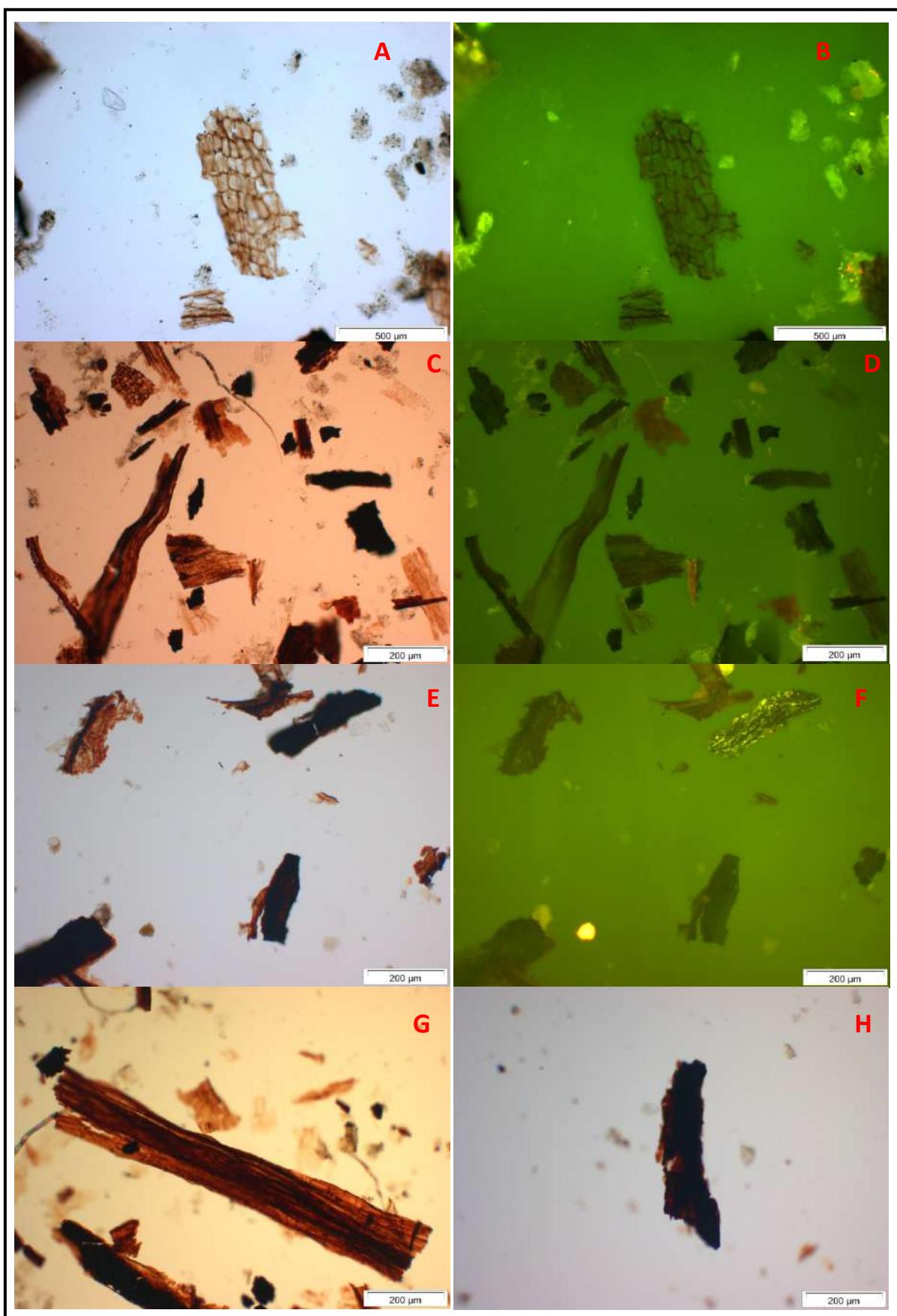
Os fitoclastos aparecem em maior quantidade em fases de mais baixa energia e maior duração da planície de inundação, fato confirmado pela presença de cutículas, que se preservam especialmente em baixas energias deposicionais (Gastaldo & Huc, 1992; Gastaldo *et al.*, 1996). Os fitoclastos com estruturação e, principalmente, os palinomorfos são mais facilmente levados ao longo do curso do rio. Estes últimos, por serem partículas muito leves, são carreados pela ação de vento e/ou fluxo d'água e/ou são destruídos rapidamente pelo ambiente oxidante antes de serem recobertos, sendo dificilmente preservados em ambientes fluviais, especialmente em planícies de inundação (Schuyler & Traverse, 1990 *apud* Traverse, 1992; del Papa *et al.*, 2002; Oboh-Ikuenobe *et al.*, 2005). A elevada presença e preservação de fitoclastos é característica de ambiente onde tração, suspensão e posterior soterramento ocorrem rapidamente e quando estes são encontrados muito degradados e aparecem translúcidos em luz branca, exibem condições de alta oxigenação do ambiente (Traverse, 1992; del Papa *et al.*, 2002).

O grupo fitoclasto junto com estudos de fácies sedimentar podem distinguir subambientes fluviais (Gastaldo & Huc, 1992, Figura 24) e os identificados na Formação Resende corroboram com uma localização nas porções medianas desse paleosistema fluvial entrelaçado. Como já abordado anteriormente, os fitoclastos são introduzidos em canais fluviais tanto por plantas aquáticas como por erosão das margens florestadas (plantas terrestres). Porém, o crescimento dessa vegetação terrestre nas margens fluviais é inibido por



**Figura 25:** Perfil estratigráfico da seção-tipo da Formação Resende (RES), localizado no km 307,7S da Rodovia Presidente Dutra mostrando a posição das amostras coletadas para análise de geoquímica orgânica. Extraído e adaptado de Brêda (2010).

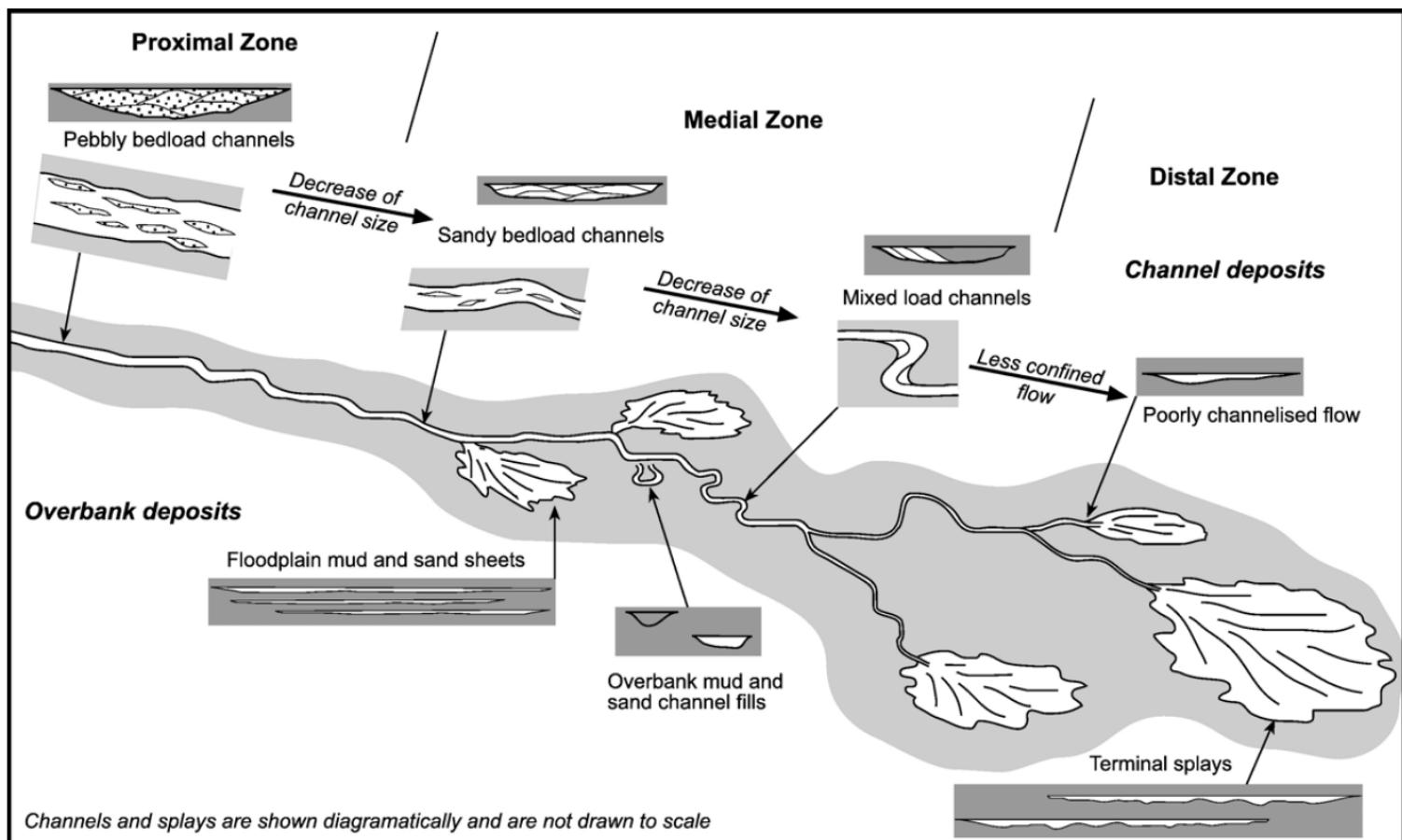
correntezas muito fortes que se sucedem nas partes proximais deste sistema (Gastaldo & Huc, 1992; Nichols & Fisher, 2007), sendo somente a partir da porção mediana do sistema fluvial onde é possível a preservação dos depósitos finos da planície de inundação, que é menos invadida pelo canal, permitindo o estabelecimento da vegetação.



**Figura 26:** (A) Cutícula sob luz branca transmitida (RES 2); (B) Cutícula sob fluorescência (RES 2); (C) Fitoclastos sob luz branca transmitida (RES 2); (D) Fitoclastos sob fluorescência (RES 2); (E) Fitoclastos sob luz branca transmitida (RES 3); (F) Fitoclastos sob fluorescência (RES 3); (G) Fitoclasto estriado sob luz branca transmitida (RES 2); (H) Fitoclasto não-opaco não-bioestruturado sob luz branca transmitida (RES 3). Fotografias extraídas em microscópios do Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica (LAFO).

## 6.4 ASSOCIAÇÃO DE LITOFAÇIES E PALINOFAÇIES NO TREND PROXIMAL / DISTAL DO SISTEMA FLUVIAL:

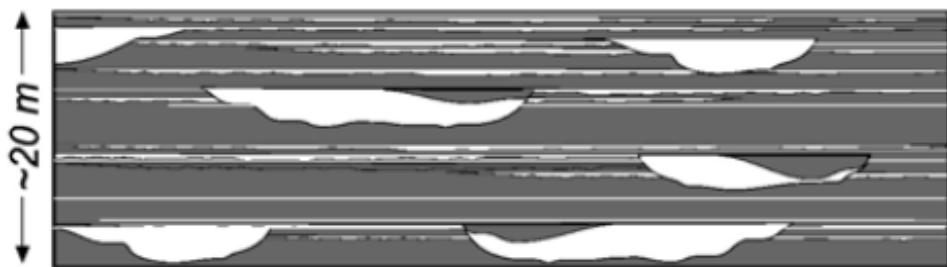
Em fácies proximais fluviais não há depósitos de inundação preservados e a interconectividade das fácies grosseiras é de praticamente 100% (Nichols & Fisher, 2007). A zona mediana de um sistema fluvial é indicada pelo aumento na proporção de depósitos de inundação e diminuição no tamanho granulométrico que preenche o canal, diminuindo a proporção cascalho/areia, exibindo predominantemente arenitos com estratificação cruzada e arenitos conglomeráticos ocorrendo em várias camadas do perfil (Graham, 1983 *apud* Nichols & Fisher, 2007; Nichols & Fisher, 2007). É onde são observados também arenitos com estratificação horizontal, interpretados como lençóis de areia (Figura 27).



**Figura 27:** Formas de canal, depósitos de inundação e elementos arquiteturais ao longo de um sistema fluvial. Extraído de Nichols & Fisher (2007).

Brêda (2010) descreve no perfil da seção-tipo da Formação Resende arenitos com estratificação horizontal (fácies Ah, Figura 25, Tabela 2) e os interpreta como depósitos de lençóis de areia. Porém, são relatadas apenas duas camadas delgadas dessa fácie. As camadas métricas das fácies  $Pm_1$  e  $Pm_2$ , interpretadas como planícies de inundação, e os fitoclastos aqui relatados pertencem a uma localização nesse *trend* proximal/distal que corresponderiam às zonas medianas.

A arquitetura deposicional proposta por Nichols & Fisher (2007, Figura 28) também remete a compreensão de que as seções observadas fariam parte da zona fluvial mediana, pois seus canais se apresentam arenosos, com camadas métricas de sedimentos finos e lençóis de areia.



**Figura 28:** Arquitetura deposicional proposta para a zona fluvial mediana. A cor branca representa a areia; a cor cinza representa os finos. Extraído e adaptado de Nichols & Fisher (2007).

Ramos (1997) descreve através de associação de fácies e ciclicidade que a Formação Resende indica um rio entrelaçado proximal. Os perfis TAU 1 e 2 possuem camadas de lutitos de maior volume que às de Brêda (2010). Esse fato associado a uma petrografia arcoseana e com a descrição dos dados observados para o *trend* proximal/distal poderiam ser um indicativo de que a paleocorrente da Formação Resende teria sentido SW, ou seja, para a bacia de Taubaté. Esse fato se torna um pouco confuso já que a bacia de Volta Redonda, localizada à sudeste da bacia de Resende, também apresenta perfis com métricas camadas pelíticas. Isso abre uma nova discussão para analisar se, localmente, ocorreriam sistemas de outros tipos senão o entrelaçado.

## 7 CONCLUSÕES:

Com a analogia feita aos estudos de *Bentham et al.* (1993) e pela análise litofaciológica aqui realizada, entende-se que a sedimentação da Formação Resende nas duas bacias é caracterizada por um ou mais cinturões entrelaçados, que possuía canais menores, onde predominam arenitos que possuem estratificação cruzada acanalada com camadas delgadas e/ou lentes conglomeráticas. As camadas de lutitos ainda geram dúvidas sobre esse paleoambiente, sendo aqui interpretadas como planície de inundação ou abandono de canal. Além disso, a possibilidade de um clima mais úmido abre a possibilidade da discussão desse sistema ter sido, localmente, anastomosado.

A geoquímica orgânica indica que o ambiente possuía alta oxigenação e energia, já que não foram identificados palinomorfos. Tanto as vegetações aquáticas quanto terrestre compõem o grupo fitoclasto aqui observado. Entretanto, a contribuição terrestre foi oriunda de erosão das margens e de *palinodebris*, onde esta última, através de chuvas torrenciais e tectonismo, alcançavam as margens do sistema fluvial. Algumas fases de enchentes permitiram a deposição de planícies de inundação, onde se preservaram os fitoclastos. A presença de cutículas sugerem que essa sedimentação ocorreu em baixa energia e com longo tempo de duração.

As fácies sedimentares e palinofácies demonstram que os três perfis estratigráficos observados teriam uma localidade mediana no paleosistema fluvial. Características como leito predominantemente arenoso, planícies de inundação, lençóis de areia, fitoclastos não-opaco biostruturados estriados degradados e fitoclastos não-opaco não biostruturados degradados confirmam essa afirmação.

Não é possível assegurar qual o sentido da paleocorrente da Formação Resende. Pelo espessamento das camadas pelíticas e petrografia fortemente dominada por arcósesos, se pode imaginar que esta teria um sentido SW.

São necessários estudos muito mais aprofundados sobre Formação Resende na bacia de Taubaté, como petrografia, faciologia sedimentar, análise de paleocorrentes, paleontologia, geologia estrutural e geoquímica orgânica. Esses dados não são encontrados detalhados na literatura, dificultando, portanto, uma satisfatória compreensão de como se comportaram a tectônica do SRCSB e suas primeiras fases de sedimentação.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Almeida, F.F.M. 1976. The System of Continental Rifts Bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48 (suplemento): 15-26.

Almeida, F.F.M. & Hasui, Y. 1984. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blücher. 378p.

Amador, E.S. 1975. Estratigrafia e Sedimentação na Bacia de Resende – RJ. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 47 (suplemento): 181-223.

Asmus, H.E. & Ferrari, A.L. 1978. Hipótese Sobre a Causa do Tectonismo Cenozóico na Região Sudeste do Brasil. In: Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil, Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP, p. 75-88. (Série Projeto REMAC 4).

Bentham, P.A.; Talling, P.J. & Burbank, D.W. 1993. Braided Stream and Flood-Plain Deposition in a Rapidly Aggrading Basin: The Escanilla Formation, Spanish Pyrenees. In: BEST, J.L. & BRISTOW, C.S. (ed.) *Braided Rivers*. Geological Society Special Publications 75, p. 177-194.

Bernardes-de-Oliveira, M.E.C.; Mandarim-de-Lacerda, A.F.; Garcia, M.J. & Campos, C.C. 2002. Fazenda Santa Fé (Tremembé), SP - A Maior Associação de Fósseis do Terciário Brasileiro. In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, Brasília, CPRM/SIGEP 78, p. 63-71.

Borghi, L. 2000. Visão Geral da Análise de Fácies Sedimentares do Ponto de Vista da Arquitetura Depositional. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Geologia*, 53: 1-26.

Brêda, T.C. 2010. *Análise Petrográfica da Formação Resende (Bacia de Resende, RJ)*. Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia Final de Conclusão de Curso, 53p.

Combaz, A. 1964. Les Palynofacies. *Revue de Micropaléontologie*, 7: 205-218.

Costa, B.P. 2009. *Análise Estratigráfica dos Depósitos Paleogênicos no Alto de Acácias - Bacia de Resende, RJ*. Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia Final de Conclusão de Curso, 56p.

del Papa, C.; García, V. & Quattrocchio, M. 2002. Sedimentary Facies and Palynofacies Assemblages in an Eocene Perennial Lake, Lumbra Formation, Northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 15: 553-569.

Eirado, L.G.; Heilbron, M. & Almeida, J.C.H. 2006. Os Terrenos Tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 36 (3): 426-436.

Fernandes, F.L. 1993. *Arcabouço Estrutural e Evolução da Bacia de Taubaté – SP*. Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Minerais, Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 145p.

Gastaldo, R.A.; Feng, W, & Staub, J.R. 1996. Palynofacies Patterns in Channel Deposits of the Rajang River and Delta, Sarawak, East Malasia. *Palaios*, 11 (3): 266-279.

Gastaldo, R.A & Huc, A.Y. 1992. Sediment Facies, Depositional Environments and Distribution of Phytoclasts in the Recent Mahakam River Delta, Kalimantan, Indonesia. *Palaios*, 7 (6): 574-590.

Hasui, Y. & Carneiro, C.D.R.; Coimbra, A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 5 (4): 257-266.

Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. & Janasi, V.A. 2004. A Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (ed.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 203-234.

Heilbron, M.; Valeriano, C.M.; Tassinari, C.C.G.; Almeida, J.C.H.; Tupinamba, M.; Siga, O. & Trouw, R.A.J. 2008. Correlation of Neoproterozoic Terranes Between the Ribeira Belt, SE Brazil and Its African Counterpart: Comparative Tectonic Evolution and Open Questions. In: PANKHURST, R.J.; TROUW, R.A.J.; BRITO NEVES, B.B. & DE WIT, M.J. (ed.) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society Special Publication 294, p. 211-237.

Lima, M.R. & Melo, M.S. 1994. Palinologia dos Depósitos Rudáceos da Região de Itatiaia, Bacia de Resende, RJ. *Geonomos*, 2 (1): 12-21.

Marques, A. 1990. Evolução Tectono-Sedimentar e Perspectivas Exploratórias da Bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 4 (1): 221-240.

Melo, D.J. 2003. Afinidades Botânicas dos Fósseis da Bacia de Taubaté, Formação Tremembé. *Paleontologia em Destaque*, 44: 21.

Melo, M.S.; Riccomini, C.; Campanha, G.A.C.; Mioto, J.A.; Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Ponçano, W.L. & Gimenez, A.F. 1983. Estudos Geológico-Tectônicos na Bacia de Resende (RJ) e Sedimentos Terciários de Volta Redonda (RJ) e Bacia de Taubaté (área de Cruzeiro-SP). Relatório 17.737, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 130p.

Melo, M.S.; Riccomini, C.; Hasui, Y.; Almeida, F.F.M. & Coimbra, A.A.M. 1985a. Geologia e Evolução do Sistema de Bacias Tafrogênicas Continentais do Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 15 (3): 193-201.

Melo, M.S.; Riccomini, C.; Almeida, F.F.M. & Hasui, Y. 1985b. Sedimentação e Tectônica da Bacia de Resende - RJ. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57 (4): 467-479.

Mendonça Filho, J.G. 1999. *Aplicação de Estudos de Palinofácies e Fácies Orgânica em Rochas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Sul do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutoramento, 338p.

Mendonça Filho, J.G.; Menezes, T.R.; Mendonça, J.O.; Oliveira, A.D.; Sant'Anna, A.J. & Souza, J.T. 2010a. Palinofácies. In: CARVALHO, I.S. (ed.) *Paleontologia*. Editora Interciênciia, p. 283-317.

Mendonça Filho, J.G.; Chagas, R.B.A.; Menezes, T.R.; Mendonça, J.O.; da Silva, F.S. & Sabadini-Santos, E. 2010b. Organic Facies of the Oligocene Lacustrine System in the Cenozoic Taubaté Basin, Southern Brazil. *International Journal of Coal Geology*, 84: 166-178.

Menezes, T.R.; Mendonça Filho, J.G.; Araujo, C.V.; Souza, I.V.A.F. & Mendonça, J.O. 2008. Fácies Orgânica: Conceitos, Métodos e Estudos de Casos na Indústria do Petróleo. *Revista Brasileira de Geociências*, 38 (2 - suplemento): 80-96.

Miall, A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Berlim, Springer-Verlag. 582p.

Miall, A.D. 2002. An Introduction to Rift Basins and Their Sediments. *Sedimentary Geology*, 147: 3-8.

Mohriak, W.U. 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M. & GONÇALVES, J.H. (ed.) *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Serviço Geológico do Brasil - CPRM, p. 87-165.

Molinari, L.; Borghi, L. & Abreu, C.J. 2005. Tectonossequencias da Bacia de Taubaté: Uma Interpretação Sismoestratigráfica. In: International Congress of the Brazilian Geophysical Society, 9, Salvador, 2005. *Resumos expandidos*, Salvador, p. 1-6.

Neves, M.A.; Morales, N. & Saad, A.R. 2005. Facies Analysis of Tertiary Alluvial Fan Deposits in the Jundiaí Region, São Paulo, Southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 19: 513-524.

Nichols, G.J. & Fisher, J.A. 2007. Processes, Facies and Architecture of Fluvial Distributary System Deposits. *Sedimentary Geology*, 195: 75-90.

Oboh-Ikuenobe, F.E.; Obi, C.G. & Jaramillo, C.A. 2005. Lithofacies, Palynofacies and Sequence Stratigraphy of Palaeogene Strata in Southeastern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 41: 79-101.

Oliveira, S.S. 2005. *Estudo Paleoambiental da Bacia de Resende (RJ) com Base em Matéria Orgânica Particulada*. Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia Final de Conclusão de Curso, 43p.

Ramos, R.R.C. 1997. *Estratigrafia da Sucessão Sedimentar Terciária da Bacia de Resende, entre Resende e Quatis (RJ), com Ênfase na Caracterização das Litofácies, Ciclicidade e Paleocorrentes*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 209p.

Ramos, R.R.C. 2003. *Sistemas Aluviais Terciários da Bacia de Resende, estado do Rio de Janeiro, Brasil: Análise de Fácies e Revisão Estratigráfica*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutoramento, 222p.

Ramos, R.R.C.; Mello, C.L. & Sanson, M.S.R. 2005. Bacia de Resende. *Fundação Paleontológica Phoenix*, 76: 1-6.

Ramos, R.R.C.; Mello, C.L. & Sanson, M.S.R. 2006. Revisão Estratigráfica da Bacia de Resende, *Rift Continental do Sudeste do Brasil, Estado do Rio de Janeiro. Geociências*, 25 (1): 59-69.

Riccomini, C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutoramento, 256 p.

Riccomini, C. & Coimbra, A.M. 1993. Sedimentação em Rios Entrelaçados e Anastomosados. *Boletim IG-USP: Série Didática*, 6: 1-44.

Riccomini, C; Sant'anna, L.G. & Ferrari, A.L. 2004. Evolução Geológica do *Rift Continental* do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (ed.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 383-405.

Salvador, E.D. & Riccomini, C. 1995. Neotectônica da Região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, 25 (3): 151-164.

Sanson, M.S.R. 2006. *Sistemas Depositionais Aluviais e Tectônica Rúptil Cenozóica na Região de Volta Redonda (RJ) - Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 142p.

Suguio, K. 2003. *Geologia Sedimentar*. São Paulo, Edgard Blücher. 400p.

Tissot, B.P. & Welte, D.H. 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*. Berlim, Springer-Verlag. 699p.

Torres-Ribeiro, M. 2004. *Fácies Microclásticas de um Sistema Lacustre Oligocênico do Sudeste do Brasil (Formação Tremembé, Bacia de Taubaté)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 138p.

Traverse, A. 1992. Organic Fluvial Sediment: Palynomorphs and “Palynodebris” in the Lower Trinity River, Texas. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 79 (1): 110-125.

Tyson, R.V. 1993. Palynofacies Analysis. In: JENKINS, D.J. (ed.) *Applied Micropaleontology*. Kluwer Academic Publishers, p. 153-191.

Tyson, R.V. 1995. *Sedimentary Organic Matter. Organic Facies and Palynofacies*. Londres, Chapman & Hall. 615p.

Tyson, R.V. 2001. Sedimentation Rate, Dilution, Preservation and Total Organic Carbon: Some Results of a Modeling Study. *Organic Geochemistry*, 32: 333-339.

Vidal, A.C.; Fernandes, F.L. & Chang, H.K. 2004. Distribuição dos Arenitos na Bacia de Taubaté - SP. *Geociências*, 23 (1/2): 55-66.

Welte, D.H. 1972. Petroleum Exploration and Organic Geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, 1: 117-136.

Zalán, P.V. 2004. Evolução Fanerozóica das Bacias Sedimentares Brasileiras. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (ed.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 595-613.

Zalán, P.V. & Oliveira, J.A.B. 2005. Origem e Evolução Estrutural do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 13 (2): 269-300.