UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

FACIOLOGIA E AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO DA
FORMAÇÃO RIO BONITO (P) DA BACIA DO PARANÁ

José Cândido Stevaux

Orientador: Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Estratigrafia e Paleontologia

São Paulo
1986

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

FACIOLOGIA E AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO DA
FORMAÇÃO RIO BONITO DO PERMIANO DA BACIA DO PARANÁ

José Cândido Stevaux

Orientador: Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome	ass.
Presidente:	<u>Dr. P.M.B.Landim</u>	<u>P. Landim</u>
Examinadores:	<u>Dr. A.M.Coimbra</u>	<u>Amando Máximo Coimbra</u>
	<u>Dr. J.C.Castro</u>	<u>Joel C. de Castro</u>

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

FACIOLOGIA E AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO DA
FORMAÇÃO RIO BONITO DO PERMIANO DA BACIA DO PARANÁ

José Cândido Stevaux

Orientador: Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Estratigrafia e Paleontologia

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005732

São Paulo
1986

Dedicada a François Marie Arouet

ÍNDICE

RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
AGRADECIMENTOS	VII
I. INTRODUÇÃO	1
Objetivos	1
Definições	2
Localização da área e esboço estratigráfico regional ..	6
II. MATERIAL E MÉTODO	11
Material utilizado	11
Coleta, arranjo e apresentação dos dados	11
Incofósseis	15
Lâminas petrográficas	16
Difratometria de raios X	16
Análise micropaleontológica	16
Análise geoquímica de matéria orgânica	17
Perfis geofísicos	17

III.	DESCRIÇÃO GERAL DAS ASSOCIAÇÕES FACIOLÓGICAS	18
	Associação facirológica I	18
	Associação facirológica II	19
	Associação facirológica III	20
	Associação facirológica IV	21
	Associação facirológica V	22
	Associação facirológica VI	24
	Associação facirológica VII	25
	Associação facirológica VIII	27
	Associação facirológica IX	28
IV.	DESCRIÇÃO ICNOFOSSILÍFERA	29
	Icnofósseis identificados	29
V.	ANÁLISE PALEONTOLÓGICA, GEOQUÍMICA E MINERALÓGICA (ARGILAS)	39
	Análise paleontológica	39
	Geoquímica e mineralogia de argilas	40
VI.	INTERPRETAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES FACIOLÓGICAS	42
	Associação facirológica I	42

Associação facirológica II	51
Associação facirológica III	54
Associação facirológica IV	57
Associação facirológica V	60
Associação facirológica VI	65
Associação facirológica VII	73
Associação facirológica VIII	73
Associação facirológica IX	79
VII. ICNOCOMUNIDADES E SEU SIGNIFICADO AMBIENTE	80
VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	83
IX. BIBLIOGRAFIA	90

RESUMO

Neste trabalho foram estudados os sedimentos da Formação Rio Bonito (P), Grupo Tubarão, em afloramentos na região de Rio do Sul, SC e em testemunhos de sondagens (poços 2-AL-1-SC e 2-CS-1-PR) com o objetivo de caracterizar suas associações faciológicas e de determinar os ambientes deposicionais envolvidos na sua sedimentação. Para tanto foram utilizadas descrições petrográficas (macroscópicas e microscópicas), descrição de afloramentos (geometria dos litossomas e estruturas sedimentares), descrição de testemunhos de sondagens, análise mineralógica de argila por meio de difratometria de raios X, análise micropaleontológica, análise icnofossilífera, geoquímica de matéria orgânica e perfis geofísicos.

As associações faciológicas determinadas por meio de testemunhos de sondagem e/ou afloramentos constituíram vários perfis verticais que, comparados com "motivos deposicionais" obtidos na literatura, puderam caracterizar diversos ambientes deposicionais.

Foram, dessa forma, determinados 8 ambientes de posicionais:

- Canais distributários e fluviais.
- Planície de inundação com depósitos de rompimento de dique marginal ("crevasse splay").
- Canais e planície de maré.
- Planície de maré clástico-carbonática.
- Complexo barreira-laguna.
- Barras de costa-afora ("offshore").
- Lobo deltaico.
- Baía interdistributária.

De um modo geral estes ambientes deposicionais desenvolveram-se sob um clima que variou de sub-glacial a quente com tendências locais à aridez, numa bacia deposicional de energia relativamente baixa (golfo ?), onde as tempestades foram, provavelmente, o agente dinâmico mais eficiente.

O resultado obtido pela metodologia utilizada

satisfaz os propósitos estabelecidos neste trabalho.

ABSTRACT

It is studied in this paper the Rio Bonito Formation (P), Tubarão Group, through the outcrops in the Rio do Sul (SC) region and drill cores (wells 2-AL-1-SC and 2-CS-1-PR) with the aim of identifying its faciologic association and to determine the sedimentary environments that acted during the sedimentation.

Petrographic descriptions (macroscopic and thin section), outcrops and core descriptions, x ray diffraction analysis of clay minerals, micropaleontological analyses, icnofossiliferous analyses, organic geochemistry and eletrical well logs are used in this work.

The comparison of the faciologic associations obtained from the description of outcrops and cores with the depositional models found in the literature allowed us to identify the following depositional environments:

- deltaic: distributary and fluvial channel, flood plain with crevasse splay, interdistributary bay delta front and prodelta.*
- barrier island-lagoonal complex.*
- elastic-carbonate tidal plain.*
- tidal channel and plain.*
- offshore (with offshore bars).*

These depositional environments were submitted to sub-glacial ranging to hot climate with local tendency to aridity, in a low energy depositional basin (gulf?), where the storms were the major dynamic agent.

The results obtained by this method can be considered satisfactory.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas ajudaram-me na elaboração deste trabalho, o que tornaria cansativo enumerá-las ao leitor. Contudo, não poderia deixar de registrar os meus agradecimentos às seguintes pessoas e entidades:

Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim pela eficiente e constante colaboração;

geólogos Antonio Roberto Saad e Alfredo Nunes Bandeira Júnior pelas sugestões e orientação no início dos trabalhos;

paleontólogas Vilma A. Campanha e Mariselma F. Zaine que colaboraram respectivamente nos estudos icnofossilíferos e micropaleontológicos;

geóloga Tânia Regina Pereira de Souza, que durante os últimos anos de sua graduação foi estagiária do Departamento de Geologia Geral e Aplicada do IGCE/UNESP sob minha orientação, colaborando nos estudos icnofossilíferos aqui abordados;

geólogos José Luiz Bordignon e Mário L. Etchebehere do IPT que colaboraram nos trabalhos de campo;

geólogo Sakae Yagui pela valiosa colaboração nas descrições de testemunhos e ao geólogo Almério B. França nas interpretações petrográficas e de perfis geofísicos;

professores do Curso de Pós-Graduação do IG/USP com os quais tive contato durante o período deste mestrado;

alguns professores do Departamento de Geologia Geral e Aplicada do IGCE/UNESP pelo estímulo recebido;

técnicos Cezario Porta (desenhista) e Wilder de Almeida (fotógrafo) pelo trabalho realizado;

e em especial quero agradecer ao amigo Prof. Dr. Vicente J. Fúlfaro pela contribuição que me vem dando nesta fase de minha vida profissional. Agradeço também ao Prof. Dr. Kenitiro Suguio pela esmerada revisão do texto e pelas inúmeras sugestões.

Quero registrar também os meus agradecimentos

ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) onde foi feita a maior parte dos trabalhos e à PETROBRÁS pela liberação das informações geológicas coletadas pelo Consórcio IPT/CESP-PAULIPETRO.

N.A. Neste trabalho foi adotado o termo "ambiente" como adjetivo de ambiente e não o neologismo ambiência ou mesmo o anglicismo ambiental, conforme o "Dicionário Contemporâneo da Língua Portuguesa - Caldas Aulete.

I. INTRODUÇÃO

Objetivos

O estudo dos ambientes de sedimentação da Formação Rio Bonito visou aplicar e aperfeiçoar uma metodologia para a determinação de ambientes de sedimentação baseada em análises de associações faciológicas; em segundo lugar, fornecer alguma contribuição aos estudos paleoambientes e estratigráficos da referida formação.

A caracterização e análise das associações faciológicas feitas neste trabalho basearam-se em dados principalmente de subsuperfície, mas também de superfície. Na medida do possível tentou-se uma correlação entre elementos de superfície e subsuperfície no sentido de uma melhor definição dos caracteres faciológicos. Para tanto foram utilizados os testemunhos obtidos nos poços 2-AL-1-SC (Abelardo Luz-estratigráfico, Santa Catarina) e 2-CS-1-PR (Chapéu do Sol-estratigráfico, Paraná), juntamente com seções colunares, painéis fotográficos e perfis de afloramento elaborados na região de Rio do Sul (SC).

A escolha da área e do intervalo estratigráfico envolvidos neste trabalho deveu-se primeiramente ao interessante problema geológico que envolve o complexo relacionamento dos ambientes de sedimentação do topo da Formação Rio do Sul, Formação Rio Bonito e base da Formação Palermo, e também à boa qualidade e disponibilidade dos dados geológicos. O extinto Consórcio IPT/CESP - PAULIPETRO testemunhou continuamente a Formação Rio Bonito nos dois poços acima mencionados, bem como dispunha de seções colunares elaboradas pelo autor na região de Rio do Sul. Aliado a isso o referido Consórcio tinha, em seu programa exploratório o estudo detalhado dos paleoambientes da Formação Rio Bonito e, dessa forma, forneceu subsídios para esta dissertação.

Definições e conceitos preliminares

Nas últimas décadas os estratígrafos não apenas se preocuparam com a posição e correlação dos estratos, mas, principalmente, com a elaboração de modelos deposicionais que permitissem a interpretação genética desses estratos. Tais modelos, segundo RYER (1981) devem acima de tudo, ser prognósticos.

A reconstrução paleogeográfica por meio do conceito de sistemas deposicionais é um método que atualmente vem tendo grande aceitação no meio geológico brasileiro. Seu desenvolvimento, no entanto, deve-se à intensificação das pesquisas em sedimentos modernos por parte dos geomorfólogos, sedimentólogos e estratígrafos (ALLEN, 1970; FISK, 1944, 1947, 1952, 1960 e 1961: *in* SUGUIO, 1981; FISHER *et al.* 1969; REINECK & SINGH, 1973; entre outros).

Tabela I. Etapas na construção de "modelos deposicionais"

OBSERVAÇÃO	INTERPRETAÇÃO	PREVISÃO
fácies { geometria litologia fósseis paleocorrentes estr. sedimentares	análise de { fácies { processos ambientes sedimentares	modelo deposicional (disposição tridimensional). Produto final sistema deposicional mapas paleogeográficos ou previsionais (Ex. tendência de mineralização)

*Objetivo deste trabalho.

(De SELLEY, 1970 e RICCI LUCCHI, 1980; modificado).

O passo fundamental para o estudo dos sistemas deposicionais é a determinação dos ambientes de sedimentação baseados no reconhecimento e interpretação das fácies sedimentares (FISHER & MCGOWEN, 1969; FISHER *et al.* 1969 e GAMA Jr, 1977). A tabela I mostra as etapas desenvolvidas pelo geólogo ao estudar os ambientes de sedimentação aplicando o conceito

de modelo deposicional. Partindo-se da identificação das fácies chega-se ao reconhecimento dos processos que as geraram. O conjunto dos vários processos fornece subsídios para a interpretação dos ambientes sedimentares envolvidos. A disposição tridimensional desses dados (sistema deposicional) possibilita a elaboração de mapas paleogeográficos ou mesmo previsionais que orientarão a pesquisa geológica.

Fácies: é um dos conceitos que mais se modificaram dentro das geociências desde sua proposição por GRESSLY em 1830. Na definição original, fácies seria "o conjunto das características petrográficas e petrológicas que apresenta uma formação rochosa em um determinado ponto e que permite estabelecer o seu ambiente de origem". Contudo, esse termo foi empregado com os mais diversos significados. A denominação "Fácies Itararé", criada por OLIVEIRA (1927), e aplicada aos sedimentos correspondentes a formação homônima é um exemplo da aplicação do referido termo como unidade litoestratigráfica informal. Na "Fácies Anfibolito" o termo reflete uma reação metamórfica realizada sob determinadas condições de pressão e temperatura.

Atualmente o emprego desse termo é ainda confuso, contudo, com o crescente uso do conceito de sistemas deposicionais na estratigrafia, a palavra fácies está reassumindo um significado genético retornando à definição original de GRESSLY. RICCI LUCCHI (1980) e MUTTI & RICCI LUCCHI (1972) entendem o termo como conjunto dos caracteres físicos de um pacote de estratos ou de um único estrato legado de um processo (ou processos) sedimentar bem definido.

O problema prático quando se opera com o conceito de fácies, no estudo de um pacote sedimentar, consiste em determinar a menor fração do litossoma que mantenha suas características diferenciais. WALKER (1979) trata desse problema sob o ponto de vista escalar, ou seja, trabalhando-se em detalhe uma determinada fácies terá uma certa dimensão, porém, num estudo mais regional essa fácies será englobada por outra mais abrangente. Baseando-se nessa ótica propõe-se informalmente neste trabalho, o termo "unidade faciológica". Entende-se por

unidade facirológica a unidade fundamental de estudo facirológico que reúne as características físicas, químicas e biológicas geradas por um mesmo processo deposicional. Tomando-se, por exemplo, a sequência de BOUMA, cada intervalo (A, B, C, D e E) poderia corresponder à uma fácies na definição convencional, ao passo que uma unidade facirológica abrangeria toda a sequência (A, B, C, D e E). Uma analogia pode ser feita a um muro onde os tijolos são a unidade fundamental na qual pode-se dividir esse muro para novamente reconstruí-lo usando-se do mesmo material. O conceito de unidade facirológica corresponde aos tijolos desse muro.

Na tabela I tem-se características facirológicas (litologia, fósseis, etc.) que são as informações necessárias para que o geólogo efetue a reconstituição do ambiente sedimentar que as gerou. Contudo, a quantidade e qualidade dessas informações não dependem apenas do ambiente, mas também da metodologia utilizada. STEVAUX (1984) classifica esses métodos, conforme sua natureza, em métodos de superfície e de subsuperfície e conforme o modo de observação em direto e indireto. Cada um desses métodos evidencia melhor uma ou outra característica facirológica conforme pode ser visto na tabela II.

Associação facirológica: é o conjunto de unidades facirológicas cujos processos geradores estão relacionados entre si.

Perfil vertical: é o arranjo vertical de uma associação facirológica estabelecido conforme a "Lei de Walther". Na concepção de RICCI LUCCHI (1980) "perfis vertical é a coluna estratigráfica de uma determinada associação facirológica". O perfil vertical diferencia-se da seção colunar uma vez que procura distribuir verticalmente cada fácies de uma determinada associação facirológica. É, portanto, um perfil de fácies montado artificialmente, ao passo que a seção colunar é a disposição real das fácies observadas.

Motivo deposicional: quando o perfil vertical é idealizado para um certo ambiente deposicional, baseado princi

palmente em estudos de depósitos recentes, pode-se dizer que este é um motivo deposicional (VISHER, 1965; RICCI LUCCHI, 1980). Desde o trabalho pioneiro de VISHER (op.cit.), os motivos deposicionais vêm sendo bastante utilizados na identificação de paleoambientes deposicionais, apresentando resultados satisfatórios na identificação de ambientes fluviais, deltai-cos e costeiros (planície de maré e praias). EYLES, et al. (1983) e EYLES & EYLES (1983) aplicaram recentemente esta mesma técnica no estudo de geleiras recentes elaborando motivos deposicionais para os vários subambientes glaciais.

Tabela II - Classificação dos métodos de coleta de dados faciológicos.

Natureza do método. Modo de observação.	SUPERFÍCIE (característica faciológica melhor evidenciada).	SUB-SUPERFÍCIE (característica faciológica melhor evidenciada).
DIRETA	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento de afloramentos. Levantamento de seções colunares. Mapeamento faciológico. (Geometria, estruturas sedimentares, litologia). 	<ul style="list-style-type: none"> Descrição de testemunhos Análise química e petrográfica. Análise palinológica e micro paleontológica. (Estruturas sedimentares, litologia, paleontologia).
INDIRETA	<ul style="list-style-type: none"> Aerofogeologia (geometria) 	<ul style="list-style-type: none"> Perfis elétricos, de densidade e radioativos. (Litologia, Paleocorrentes, Estruturas sedimentares). Sísmica. (geometria)

(STEVAUX, 1984).

O método de VISHNER é ainda aplicado com muitas restrições em ambientes de plataformas continentais (barras de costa-afora e barras de infra-maré) e em leques submarinos devido as dificuldades encontradas na observação de depósitos atuais destes ambientes. (KOMAR *et al.* 1972, SHANMUGAN *et al.* 1985).

Sistema deposicional: é uma unidade informal litológico-ambiente correspondente aos sedimentos depositados por um complexo geomorfológico antigo (FISHER & MCGOWEN, 1967; GAMA JR., 1977 e 1979).

Modelo deposicional: é uma concepção ideal baseada em informações recentes e antigas do arranjo tridimensional de fácies com o qual se identifica um sistema deposicional.

Localização da área e esboço estratigráfico regional.

Este trabalho foi desenvolvido em duas áreas distintas e distantes entre si. A primeira, onde afloram os sedimentos estudados, nas proximidades de Rio do Sul (SC), mais propriamente nos vales escavados pelos rios Itajaí-Açu, Itajaí do Sul e d'Oeste (figura 1), tendo sido as principais seções colunares levantadas nas rodovias BR 470 (ligando as cidades de Itajaí, SC à BR 116), Ituporanga-Alfredo Wagner, Vidal Ramos-Ituporanga e Rio do Sul-Presidente Getúlio. A outra área situa-se no interior da Bacia do Paraná, onde a formação em apreço ocorre somente em subsuperfície. Os dois poços aqui estudados podem ser localizados na figura 1.

O intervalo estratigráfico estudado neste trabalho envolve principalmente a Formação Rio Bonito, contudo, não se restringe totalmente a esta unidade, uma vez que a evolução dos ambientes sedimentares envolvidos inicia-se no topo da Formação Rio do Sul atingindo a Formação Palermo. A coluna estratigráfica da Bacia do Paraná para o Estado de Santa Catarina e

Figura 1 - Mapas de localização dos poços e das rodovias citadas no texto.

Paraná, bem como o intervalo tratado neste trabalho estão na figura 2.

Formação Rio do Sul: ocorre na área de afloramento com uma espessura de 230m medidos na Rodovia Vidal Ramos-Ituporanga. Nos poços 2-AL-1-SC e 2-CS-1-PR tem espessura aproximada de 684 e 681m, respectivamente. É constituída por uma seqüência lamítica espessa cujos termos variam de folhelhos a ritmitos de argila e silte arenoso. Intercalam-se a estes, pacotes de arenito fino a médio, localmente conglomerático e diamictito de matriz fina (lamítica) perfazendo grande parte da seção. É constante em toda a seqüência a presença de "seixos pingados".

Formação Rio Bonito: compreende um pacote sedimentar constituído na base por uma seção arenosa; uma seção mediana onde predominam pelitos e uma superior areno-argilosa contendo os principais depósitos de carvão da Bacia do Paraná (MUHLMANN, *et al.*, 1974). Sua espessura na área de afloramento é considerada máxima, medindo cerca de 320m na Rodovia Vidal Ramos-Ituporanga (BORDIGNON & ETCHEBEHERE, 1982) e 275m na Rodovia BR 470 (STEVAUX & BORDIGNON, 1981). Nos poços estudados neste trabalho esta formação apresenta espessura de 71m no 2-AL-1-SC e 157m no 2-CS-1-PR.

Membro Triunfo: corresponde à porção basal da Formação Rio Bonito, constituída essencialmente de sedimentos arenosos. Seu contato inferior com a Formação Rio do Sul é, nos locais estudados, interdigitado e/ou gradacional. Esse tipo de contato é muito importante no estudo paleoambiente da Formação Rio Bonito e será tratado mais detalhadamente no texto. Litologicamente é composto por arenitos esbranquiçados, finos a médios, localmente conglomeráticos. São extremamente ricos em estruturas sedimentares e apresentam delgados níveis de carvão (MUHLMANN, 1974).

Membro Paraguaçu: é formado de siltitos e folhelhos cinza-médio a esverdeados, onde raramente intercalam-se

Fig. 2 — Coluna estratigrafica da Bacia do Paraná nos Estados de Sta. Catarina e Paraná. (Gama Jr. et al.; 1982 modif.).

lentes de três a quatro dezenas de metros de comprimento de arenito grosso até conglomerático com estratificação cruzada acanalada. Apresenta níveis carbonosos e restos vegetais razoavelmente preservados. Estão, via de regra, intensamente bioturbados atingindo ao mosqueamento indistinto.

Membro Siderópolis: consta de camadas delgadas de arenito fino a muito fino gradando para níveis lamíticos associados freqüentemente a leitos de carvão. É extremamente rico em estruturas sedimentares como marcas onduladas, estratificação cruzada de baixo ângulo, laminação plano paralela, bioturbação etc.

Formação Palermo: é constituída de siltitos e siltitos arenosos de cor cinza variegado com tons esverdeados e amarelados. Laminação plano-paralela irregular e bioturbação são as estruturas sedimentares mais comuns nesta formação. Foge ao escopo deste trabalho a medição da espessura desta formação, contudo nos poços estudados observaram-se os seguintes valores: 124m no 2-CS-1-PR e 115m no 2-AL-1-SC.

II. MATERIAL E MÉTODO

Material utilizado

Este trabalho utilizou-se principalmente de seções colunares e nas descrições de testemunhos dos poços 2-AL-1-SC e 2-CS-1-PR juntamente com os respectivos perfis compostos e geofísicos. Os testemunhos forneceram ainda amostras para a confecção de lâminas petrográficas, determinações mineralógicas por difratometria de raios X, análises micropaleontológicas e geoquímicas de matéria orgânica. Foram utilizadas também análises icnofossilíferas e grande quantidade de fotografias de afloramentos e testemunhos.

Coleta, arranjo e apresentação dos dados

Seções colunares, perfis de afloramento e painéis fotográficos - foram levantadas várias seções colunares na região de Rio do Sul, Ituporanga, Alfredo Wagner e Vidal Ramos, todas no Estado de Santa Catarina (figura 1). Podemos classificar dois tipos de seções colunares neste trabalho: seções colunares "estratigráficas" cujo objetivo foi o de observar o empilhamento estratigráfico dos litossomas estudados; e seções colunares de "estudo faciológico" cujo enfoque foi dado às características faciológicas destes litossomas.

No primeiro caso utilizaram-se estradas cujos trajetos eram paralelos ao mergulho deposicional (como no caso da BR 470, figura 1) ou estradas que davam acesso aos chapadões das serras adjacentes aos vales dos rios Itajaí, Itajaí do Sul e d'Oeste. Nessa região o relevo é bastante íngreme e os referidos rios, nível de base da área, correm sobre sedimentos da Formação Rio do Sul o que permite, quase sempre, exposições contínuas da Formação Rio Bonito, cujos membros formam quebras topográficas bem evidentes (figura 3).

No caso das seções para estudos facirológicos, ao contrário das primeiras, procurou-se percorrer estradas cujo trajeto fosse paralelo à direção deposicional (normal à situação anterior) para dessa forma observar a variação facirológica (variação lateral) dos litossomas. Em tais seções foram observadas, principalmente, a geometria dos corpos, macro-estruturas tanto primárias como secundárias, bem como, na medida do possível, a disposição espacial dos corpos rochosos. Obviamente estas seções foram devidamente "amarradas" a marcos estratigráficos obtidos nas seções colunares estratigráficas.

A metodologia usada no levantamento das seções colunares foi a mesma utilizada por SAAD (1977) e SANTOS (1979) empregando-se basicamente o altímetro, trena e clinômetro. A maioria das seções foi levantada em trechos de estrada onde o aclive e as exposições eram tais que permitissem apenas o uso do clinômetro e da trena. Em locais onde as seções estendiam-se por longo trecho de estrada, sendo necessário seu controle topográfico, utilizaram-se além da trena e do clinômetro, dois altímetros: um móvel e outro estacionário, conforme a metodologia adotada pelos referidos autores.

A coleta de amostras para estudos micropaleontológicos e geoquímicos acompanhou sistematicamente o levantamento das seções. As amostras foram coletadas a profundidades sempre maiores que 30cm numa tentativa de se evitar ao máximo a ação intempérica sobre o material amostrado.

As seções colunares estratigráficas foram elaboradas na escala 1:1000 e, em alguns casos, 1:200. Tais perfis contêm toda a informação litológica, estruturas sedimentares, curva granulométrica, conteúdo fóssil e uma descrição sumária dos afloramentos.

As seções colunares para estudo facirológico não tiveram uma escala definida variando conforme o tamanho e complexidade dos afloramentos. Em muitos casos, para um mesmo afloramento, foram levantadas várias colunas no sentido de se observar o comportamento de uma lente ou camada. Isso solicitou escalas 1:100, 1:50, 1:25 ou mesmo 1:10.

Em afloramentos onde era grande a variação lito

lógica e geométrica dos litossomas a ponto de impedir a descrição convencional utilizaram-se de painéis fotográficos. Esse expediente consta, numa primeira etapa, da fotografia total do afloramento; a seguir a montagem de um painel fotográfico que permita a visualização geral da exposição. Esse painel é desenhado num "over lay" onde são realçados os vários corpos rochosos (lentes, camadas, canais, etc.). Numa etapa complementar, volta-se ao campo de posse do esquema traçado no "over lay" para descrição final do afloramento. Esse método, ainda que dispendioso, permite a racionalização na descrição de afloramentos complexos.

Descrição de testemunhos: a Formação Rio Bonito foi atravessada por testemunhagem contínua em ambos os poços estudados nesta dissertação. A tabela III mostra os dados dessa testemunhagem.

Os testemunhos foram serrados longitudinalmente em três partes sendo a seção tabular central resinada e acondicionada em caixas de um metro de comprimento. Para se evitar a inversão dos testemunhos durante seu manuseio estes foram riscados longitudinalmente com dois traços de caneta hidrográfica, um azul e outro vermelho de forma que, olhando-se frontalmente ao mesmo e tendo-se o traço vermelho à esquerda e, obviamente, o azul à direita, o testemunho estaria na posição correta em relação ao topo e base.

Durante o decorrer das descrições dos testemunhos constatou-se que a resinagem é uma metodologia que deve ser evitada por dificultar a visualização tridimensional das estruturas sedimentares, pois o testemunho uma vez resinado não pode mais ser manejado adequadamente ou mesmo quebrado em trecho de interesse.

Os testemunhos foram descritos em fichas adequadas (figura 4) e desenhados na escala 1:12,5. Essa descrição seguiu a nomenclatura proposta por FOLK (1968) e tabela de cores MUNSELL COLOR Co. (1975) sempre em amostras secas. O material usado nessa descrição foi essencialmente a lupa binocular, ácido clorídrico, tetracloreto de carbono e fluoroscópio.

Tabela III - Relação dos dados obtidos dos poços 2-AL-1-SC e 2-CS-1-PR, para o intervalo correspondente à Formação Rio Bonito.

POÇO	2-AL-1-SC	2-CS-1-PR
Espessura da formação	2621 - 2694m	2290 - 2447m
Intervalo testemunhado	2621 a 2654 e 2664 a 2694m	total
Recuperação	100%	95%
Lâminas estudadas	26	27
Identificação por Raios X	27	33
Fotografias obtidas	142	142
Análises paleontológicas.	27	78
Perfis geofísicos	IFL, DIL, GR, BHC, CDL, CAL, HDT	IFL, DIL, GR, BHC, CDL, CAL, HDT.

Os testemunhos foram fotografados na sua totalidade em grupos de cinco caixas, contudo, trechos mais representativos, bem como estruturas sedimentares de interesse foram fotografadas em detalhe (tabela III).

Ichnofósseis

Especial atenção foi dada aos fósseis traços sendo os mesmos identificados e fotografados.

Lâminas petrográficas

Durante a descrição de testemunhos as partes arenosas ou carbonáticas foram amostradas para confecção de lâminas petrográficas. Também amostras de superfície coletadas durante o levantamento das seções colunares tiveram a mesma destinação. As lâminas foram feitas e descritas nos laboratórios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

Difratometria de raios X

Amostras de lamitos e argilitos foram coletadas durante a descrição dos testemunhos e analisadas por meio de difratometria de raios X. Essas amostras, excetuando-se casos especiais, foram coletadas de 3 em 3 metros por todo intervalo testemunhado. As determinações foram efetuadas pela Divisão de Minas e Geologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Análise micropaleontológica

Durante a perfuração dos referidos poços foram coletadas amostras de calha compostas para determinações paleontológicas em intervalos de 30 metros. Na descrição dos testemunhos coletaram-se também amostras especiais para essa finalidade. Essa segunda amostragem foi orientada pelos resultados da amostragem composta. Dos trabalhos de superfície também resultou uma série de amostras que foi destinada a estudos micropaleontológicos.

As análises foram realizadas na Divisão de Petróleo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Análise geoquímica de matéria orgânica

Foram coletadas, durante a perfuração dos poços, amostras de calha destinadas a estudos geoquímicos de matéria orgânica. O procedimento para coleta e acondicionamento das amostras para tratamento geoquímico está explicado em STEVAUX & SANTOS (1980). As análises foram executadas no Laboratório de Geoquímica Orgânica da Divisão de Petróleo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Perfis Geofísicos

Após a perfuração dos poços foram obtidos os perfis geofísicos (tabela III) utilizados neste trabalho, perfil Elétrico-Indução (IEL), Raios Gama (GRL), Potencial Espontâneo (SP) e eventualmente o Medidor de Mergulho (HDT). Esses perfis foram manuseados nas escalas 1:1000 e 1:200. O Perfil Composto, que apresenta todos esses perfis reunidos juntamente com a litologia interpretada na escala 1:1000, foi de extrema utilidade na execução deste trabalho.

Durante a descrição de testemunhos os mesmos foram submetidos em laboratório a um perfilador de Raios Gama ("Core log"). Este aparelho consta basicamente de um cintilômetro fixo na frente de uma esteira rolante na qual desfilam os testemunhos estudados. Essa perfilagem em laboratório tem a dupla função de corrigir a profundidade da testemunhagem dada pelo sondador por meio da comparação entre perfil do poço e o do laboratório, e de detalhar as características litológicas (teor de argila) do testemunho perfilado por meio de curvas mais precisas. Pode-se obter perfis de laboratório em diversas escalas.

III. DESCRIÇÃO GERAL DAS ASSOCIAÇÕES FACIOLÓGICAS

A descrição dos testemunhos dos referidos poços, juntamente com os dados obtidos no levantamento das seções colunares, permitiu a caracterização de associações faciológicas abrangendo desde o topo da Formação Rio do Sul até a base da Formação Palermo.

A definição de fácies, como foi visto no Capítulo I, engloba entre suas características os dados paleontológicos que, no contexto deste trabalho, compreendem tanto os fósseis propriamente ditos (restos e moldes de organismos) como também as perturbações que estes organismos causaram aos sedimentos (icnofósseis). Porém, por ser um assunto muito específico e ainda bastante controvertido as informações e discussões tocantes à paleoicnologia serão abordadas num capítulo especial.

Associação faciológica I

Litologia - ARENITO cinza variando de claro a escuro (N8 a N3) em parte esverdeado (5 GY 6/1), fino a médio, localmente grosso, compacto, regular a bem selecionado, subarredondado/subangular, feldspático (sub-arcoseano a arcoseano), em parte com fragmentos de carvão. Apresenta localmente seixos de quartzo, sílex, feldspato, quartzito e rochas vulcânicas. Análise petrográfica revelou a seguinte composição mineralógica: QUARTZO 60-65%; FELDSPATO 40-35%; FRAGMENTOS LÍTICOS 0-5%; MINERAIS PESADOS - turmalina e zircão TRAÇOS; CIMENTO - quartzo-feldspático (supercrescimento), carbonático (dolomítico) e anidrita na razão 70:25:5. SILTITO e SILTITO ARGILOSO cinza escuro (N3) a preto esverdeado (5G 2/1), micáceo, piritoso, localmente carbonático. Argilominerais: CAMADAS MISTAS 41%; CAOLINITA 20%; ILITA 20% e CLORITA 19%.

Estruturas sedimentares: ocorrem vários ciclos

de 10 a 90m cujo contato basal é erosivo (escavação e preenchimento) com leve granodecrescência ascendente. O arenito na base de cada camada é médio a grosso apresentando seixos aparentemente imbricados (?); segue-se uma sequência arenosa com estratificação cruzada de pequeno a médio porte, localmente aca-nalada e na maioria dos casos indistintas. Em alguns ciclos ocorre também gradação estrutural que vai de estratificação cruzada na base passando para marcas onduladas migrantes ("ripple drift cross lamination") marcas onduladas cavalgantes ("climbing ripple marks") e laminação plano-paralela para o topo. Neste trecho são comuns estruturas ligadas a processos de fluidização (em pires-"dishes") e dobras convolutas. Ao longo dos "sets" das estratificações cruzadas, associado a termos mais grosseiros, ocorre granodecrescência ascendente de grânulos a arenito muito fino. Os termos siltosos são maciços ou apresentam laminação plano-paralela incipiente freqüentemente bioturbados. Localmente ocorrem intercalações milimétricas a centimétricas de arenito lenticulares sendo comuns às estruturas de sobrecarga (pseudo-nódulos).

Dois tipos de contato separam os termos arenosos da base dos lamitos do topo: contatos abruptos, sugerindo pequenos diastemas e contatos gradativos, estes menos freqüentes. Na maioria das vezes o ciclo arenito-lamito não está completo, devido ao truncamento provocado por um ciclo posterior.

Fósseis - não foram encontrados fósseis nesta associação.

Associação faciológica II

Litologia - SILTITO cinza esverdeado (5G 4/1) a cinza escuro (N3), argiloso, com lâminas de carvão, micáceo, apresentando foliação devido à orientação das micas no plano de acamamento. Intercalado localmente com níveis argilosos, piritosos e calcíferos. Argilominerais: CAOLINITA 40%; ILITA 25%; CAMADAS MISTAS 23%; CLORITA 12%. ARENITO muito fino a fino cinza esverdeado (5 GY 6/1) e cinza claro (N7), argiloso,

siltico, arcoseano, piritoso, com grande quantidade de matéria vegetal detrítica carbonizada. Composição petrográfica: QUARTZO 64%; FELDSPATO 16%; MICA 10%; FRAGMENTOS LÍTICOS 10%; MINERAIS PESADOS traços.

Estruturas sedimentares - siltito maciço a incipientemente laminado, com partes intensamente bioturbadas atingindo 5 na escala de REINECK (1963). Localmente apresenta-se com marcas onduladas e micro estratificações cruzadas acanala-das. O carvão ocorre em delgadas lâminas acompanhando os planos de acamamento. O arenito apresenta-se em pacotes de 20 a 30cm ou dispersos pelo siltito sob a forma de lentes geralmente bioturbadas (bioturbação por animais e raízes de plantas); de modo geral é maciço e, localmente, desenvolve estratificações cruzadas de baixo ângulo (?), marcas onduladas cavalgantes e simétricas. A granulometria do arenito é constante nos pacotes mostrando um ligeiro afinamento apenas no topo dos mesmos, fazendo com o siltito um contato gradacional. O contato basal do pacote arenoso com a unidade siltica é sempre abrupto podendo ser erosivo ou não; o contato superior é sempre gradacional.

Fósseis - são muito comuns fragmentos vegetais carbonizados e marcas de raízes.

Associação faciológica III

Litologia - ARENITO cinza (N7) a médio (N5), também acastanhado (5 YR 6/1), muito fino a fino, arcoseano, micáceo e piritoso. Composição petrográfica: QUARTZO 60-65%; FELDSPATO 25-30%; MICA 5-10%; MINERAIS PESADOS: granada, zircão, rutilo, titanita e opacos 0-5%. Localmente conglomerático (lítico) com fragmentos de rochas metamórficas e, principalmente, siltito e argilito siltico ("shale clasts"), além de restos vegetais. SILTITO argiloso e arenoso cinza escuro (N8) a médio (N4), micáceo, piritoso. Argilominerais: CAMADAS MISTAS 33%; CLORITA 14% e VERMICULITA 3%. Ocorrem também raras lâmi-

nas de carvão e restos vegetais carbonizados associados a níveis de pirita.

Estruturas sedimentares - vários ciclos com grade decrescência ascendente de arenito conglomerático na base associado a fragmentos líticos (lamitos) e de carvão. A base dos pacotes é quase sempre erosiva e estes apresentam nítida variação estrutural para o topo: estratificação cruzada de pequeno porte localmente bi-direcional (espinha de peixe), marcas de ondulações do tipo migrante, marcas onduladas assimétricas, estrutura "flaser", marcas onduladas simétricas, estratificações lenticular ("linsen") e ondulada ("wavy"), ritmitos de areia e lamito, bioturbações, marcas e restos de raízes. É relativamente comum a ocorrência de gretas de contração no topo da sequência de cada ciclo. Na seção Ituporanga-Alfredo Wagner e Ituporanga-Vidal Ramos foi identificada essa associação faciológica em vários afloramentos. Nestes, os corpos apresentam geometria geralmente tabular, contudo, as porções mais arenosas são aparentemente lenticulares (lentes de ordem métrica), bastante deformadas por fluidização e com presença de diques clásticos injetados nos termos mais lamíticos.

Fósseis - restos e fragmentos vegetais. Ocorrem icnofósseis *Planolites* sp e *Scoyenia* sp. Matéria orgânica: III (80%) e II (20%). No Capítulo V, item 2 encontram-se esclarecimentos sobre os três tipos de matéria orgânica (I, II e III).

Associação faciológica IV

Litologia - SILTITO cinza esverdeado escuro (5G 4/1) a cinza escuro médio (N4) e também preto acinzentado (N2), micáceo, levemente piritoso, calcífero, gradando localmente a siltito arenoso cinza médio (N4 a N8). Argilominerais: CAMADAS MISTAS 50%; ILITA 24%; CLORITA 13%; CAOLINITA e ESMECTITA 10% traços. No topo do pacote ocorrem delgadas lâminas de carvão e concentrações de enxofre. Localmente o siltito torna-se bastante calcífero tendendo à MARGA adquirindo tonalidades arroxeas.

das (5 GY 8/1) e apresentando filmes a níveis e localmente nódulos de ANIDRITA. CALCÁRIO siltico-argiloso, cinza acastanhado (5 YR 4/1) localmente mais puro. Estudos em lâminas petrográficas permitiram classificar a rocha como MICRITO (com intraclastos, fossilífero e peletífero); com o índice de energia de PLUMLEY (1962), variando de I (predominante) a II (secundário). Intercalando-se ao calcário ocorrem lâminas de siltito argiloso semelhante ao já descrito. MARGA cinza clara (N 7) a oliva (5 Y 4/1), localmente dolomitizada, com pirita e matéria orgânica dispersa em todo o trecho. ARENITO cinza médio/claro (N 6), muito fino, também fino/médio, bem selecionado, subarco seano, calcífero, localmente ocorre recristalização do material calcífero e fragmentos de conchas (?).

Estruturas sedimentares - Laminações plano-paralelas irregulares rompidas por bioturbação gerando lentes irregulares, laminação algal, gretas de contração e fraturas verticais preenchidas por material estromatolítico (algas ?), brechamento do material carbonático e marcas de raízes (?). Os níveis carbonáticos de até 1m de espessura apresentam-se nodulares ou maciços. São comuns estruturas associadas à sobrecarga (superfícies de atrito, microdiápiros, etc.) e feições de escorregamento (convolutas e micro-falhas) juntamente com escape de fluídos e fluidização. Níveis mais arenosos apresentam marcas onduladas cavalgantes ("climbing"), migrantes ("drift") e prováveis estruturas "hummocky". Localmente a intensidade de bioturbação atinge ao mosqueamento.

Fósseis - restos vegetais, carbonato fossilífero (fragmentos de conchas de ostracodes). Icnofósseis *Planolites* e *Teichichinus*. Matéria orgânica tipo III (70%), II (20%) e I (10%).

Associação faciológica V

Litologia - ARENITO cinza claro (N 8), médio a fino, localmente grosso, bem a moderadamente selecionado,

grãos arredondados a subangulares, quartzoso, localmente pouco feldspático, pouco piritoso. A curva de raios gama é do tipo cilíndrica e lisa o que evidencia "argilosidade" extremamente baixa. O arenito forma um corpo contínuo e relativamente homogêneo de aproximadamente 15m. ARGILITO ocorre apenas na base do pacote, preto acinzentado (N 2), levemente síltico, com grãos de areia dispersos, micáceo, piritoso, com restos vegetais associados (fragmentos de troncos e folhas). CARVÃO - em lâminas milimétricas, muito piritoso e com concentrações de enxofre. SILTITO ARGILOSO - a argilito síltico (ocorrendo no topo da sequência), preto acinzentado (N 3), micro-micáceo, pouco calcífero. Argilominerais: ILITA 43%; CAMADAS MISTA 35%; CLORITA 17%; CAOLINITA 5%.

Estruturas sedimentares - O arenito tem aspecto geral maciço, localmente apresentando estratificações incipientes (inclinações de 5° a 15°), marcas onduladas cavalgantes e migrantes e feições locais de fluidização ("dishes"). Em superfície formam lençóis extensos aparentemente maciço de material geralmente inconsolidado. O contato basal com o argilito é abrupto. Este último apresenta-se geralmente maciço sendo localmente laminado devido a intercalações com delgadas lâminas e lentes de carvão. O material encontra-se intensamente bioturbado. O contato do arenito com o siltito do topo é gradativo. Este termo litológico mostra laminações plano paralelas incipientes, marcas onduladas, lentes e laminação ondulada. São comuns marcas de sobrecarga no contato das lentes arenosas com o material pelítico. A bioturbação, também no siltito do topo, atinge ao mosqueamento. O perfil Medidor de Mergulhos ("dipmeter") mostra o padrão azul e vermelho bem desenvolvido no trecho.*

* Na figura 8, Capítulo VI encontram-se esclarecimentos sobre a interpretação geológica do perfil "dipmeter".

Fósseis - restos vegetais incarbonizados, matéria orgânica tipo III (80%) e II (20%).

Associação faciológica VI

Litologia - SILTITO cinza claro (N 7) também médio (N 5 e N 6) e escuro (N 4), micáceo, localmente argiloso. Argilominerais: CAOLINITA 54%; CAMADAS MISTAS 18%; CLORITA 15%; ILITA 13%. ARGILITO a argilito siltico preto (N 2), bastante micáceo. ARENITO cinza claro (N 7), médio, bem selecionado, subangular a subarredondado.

Estruturas sedimentares - Esta associação faciológica é composta por duas unidades intimamente ligadas entre si: unidade faciológica arenosa com estruturas do tipo "hummocky" e unidade faciológica lamítica. A primeira consiste de várias lentes amalgamadas de 0,5 a 1,0m de espessura por uma dezena ou mais de comprimento (fig. 10, 11 e 12). Essas lentes têm contato basal erosivo marcado por uma superfície ondulada discordante dos estratos sotopostos. Os depósitos seguintes são constituídos de arenito fino maciço que, para o topo, apresentam estratificação cruzado do tipo "hummocky" e "swaley" (BOURGEOIS, 1980) e finalmente, completando a unidade faciológica, laminação plano-paralela e lenticular já em arenitos muito finos a silticos.

As estratificações do tipo "hummocky" são marcas de ondulações oscilatórias truncadas e que para o topo tendem a aumentar o seu comprimento de onda e diminuir relativamente sua amplitude originando um tipo de estrutura denominada de "swaley". Em testemunho (prancha XII, foto 2) estas estruturas apresentam-se como estratificações cruzadas de baixo ou médio ângulo, conforme o local da seção e/ou micro estratificações cruzadas acanaladas.

São comuns estruturas biogênicas de escape de organismos (ver capítulo específico) que cortam a unidade (prancha XII, foto 3).

A segunda unidade faciológica (lamítica) é pra-

ticamente uma continuação gradativa da unidade arenosa; apresenta laminação plano-paralela e lenticular em argilitos, lamitos e mais raramente em siltitos. É comum a presença de microfóssis clásticos (deformados por compactação) e de bioturbação horizontal, provavelmente de *planolites* (prancha II). Localmente podem ocorrer intercalações de níveis delgados (5cm) de siltito arenoso com laminação plano-paralela e mais raramente marcas de objetos ("tool marks").

Fósseis - são muito freqüentes neste trecho os fósseis traços, que em sua maioria, são horizontais e predominam nos intervalos argilosos (topo das unidades). Contudo, ocorrem estrutura de escape de organismos (formas verticais) e mosqueamento parcial que cortam de maneira ascendente os intervalos arenosos com "hummocky". Tais estruturas nunca cortam o nível argiloso das unidades faciológicas. Além destes icnofósseis foram também identificados *Teichichinus* sp, *Planolites* sp e "*Nereis*" (*Teichichinus*?) foi constatada a presença foraminíferos (*Earlandia* sp) nesta associação faciológica.

Associação faciológica VII

Esta associação faciológica é composta por 3 unidades faciológicas distintas:

Unidade faciológica 1 (Mesma facilogia que a associação faciológica I): *Litologia* - ARENITO cinza claro (N 7) médio conglomerático, bem selecionado, subarredondado a subangular, quartzoso e feldspático (sub-arcóseo) e com fragmentos líticos e de pirita.

Estruturas sedimentares - seqüências iniciadas com arenito conglomerático passando a médio para o topo; o contato basal é erosivo. São muito freqüentes estratificações cruzadas de médio a pequeno porte, estruturas ligadas a fluidização ("dishes" e maciço) e convolutas. Em afloramento formam bancos espessos de areia com boa continuidade lateral tendem-

do, contudo, a uma geometria lenticular.

Fósseis - São frequentes fragmentos de vegetais associados com fragmentos de carvão na base das lentes arenosas.

Unidade faciológica 2: *Litologia* - ARENITO muito fino a siltico, cinza claro (N 7), feldspático (sub-arcóseo), micáceo, com fragmentos líticos, cimento predominantemente carbonático e com intercalações laminares de argila.

Estruturas sedimentares - laminações irregulares ressaltadas por lâminas de lamitos, micro-laminações cruzadas, estruturas ligadas à fluidização, micro-diapirismo e dobramento convoluto; localmente ocorrem micro-falhamentos. É visível a tendência de espessamento para o topo dos pacotes arenosos bem como uma granocrescência ascendente da textura. Em afloramentos formam bancos arenosos de geometria tabular onde as estruturas tornam-se mais ressaltadas após um ligeiro intemperismo.

Fósseis - fragmentos milimétricos de vegetais não identificados.

Unidade faciológica 3: *Litologia* - LAMITO argiloso, preto acinzentado (N 2/N 3), ligeiramente carbonático. SILTITO arenoso a arenito siltico cinza claro (N 7) com composição mineralógica semelhante aos arenitos anteriores.

Estruturas sedimentares - Intercalações sub-decimétricas a decimétricas do lamito com o arenito. Os contatos entre os níveis são gradacionais geralmente desenvolvendo laminação rítmica e/ou lenticular. É comum a presença de bioturbações no trecho argiloso e marcas onduladas podem ser reconhecidas nos níveis arenosos juntamente com estruturas de sobre carga.

Fósseis - rara presença de icnofósseis não iden

tificados. Ocorrem microfósseis *Earlandia* sp, *Orthobaiardia* sp e *Tasmanites*.

Matéria orgânica do tipo III (50%) II (10%) e I (40%) sendo que esta última diminui até desaparecer para o topo da seção.

Associação faciológica VIII

Litologia - ARENITO muito fino a fino cinza claro a médio (N 7 a N 6), bem selecionado, quartzoso em parte sub-arcoseano. Composição petrográfica: QUARTZO + FELDSPATO 65%; ARGILAS 20%; MICAS 10%; MINERAIS PESADOS: zircão, titanita e rutilo 0-5%. Subarredondado, localmente piritoso e calcífero. Intercalando-se com ARENITO cinza esverdeado (5 GY 2/1), muito fino gradando a siltito, micáceo, calcífero e argiloso. SILTITO preto acinzentado (N 2-N 3) também cinza esverdeado escuro (5 GY 4/1) gradando a arenito, calcífero. Argilominerais: CAOLINITA 37%; ILITA 32%; CLORITA 19% e CAMADAS MISTAS 12%.

Estruturas sedimentares - predomínio, nos termos arenosos, de estratificação plano-paralela de baixo ângulo (sub horizontal) e marcas onduladas cavalgantes ("climbing"). Certos trechos exibem seqüências com granodecrescência ascendente com arenito ligeiramente conglomerático na base e estratificação cruzada. Os sedimentos lamíticos são geralmente maciços ou com laminações plano-paralelas ligeiramente onduladas incipientes que localmente estão dobradas convolutamente. Nas intercalações de siltito e arenito são visíveis estruturas de sobrecarga do tipo "flame" e micro-diápiro associados à bioturbação.

Fósseis - são comuns fósseis traços. *Rhizoco-*
rallium? sp e *Monocrateriom* sp.

Associação facirológica IX

Litologia - ARGILITO a ARGILITO SILTICO preto (N 2) também cinza esverdeado escuro (5 G 4/1), micáceo, pouco calcífero. SILTITO cinza claro a escuro (N 7, N 6 e N 5), micáceo, localmente argiloso. Argilominerais: CLORITA 54%; CAMADAS MISTAS 18%; CAOLINITA 18%; ILITA 13%.

Estruturas sedimentares - laminação plano-paralela irregular, também lenticular e moderadamente bioturbada. Ocorrem intercalações de siltito e argilito as quais originam a laminação.

Fósseis - microfósseis *Hyperammina* e *Micrhystriidum*. Icnofósseis *Teichichinus* sp, *Planolites* sp e "*Nereis*" (*Teichichinus*?). Matéria orgânica do tipo III (40%), II (30%) e I (50%).

IV. DESCRIÇÃO ICNOFOSSILÍFERA

Os estudos pioneiros de SEILACHER (1953 *in* SEILACHER, 1964) sobre icnofósseis abriram uma ampla perspectiva na análise e interpretações paleoambientes. REINECK & SINGH (1973); SHAWA (1974); RICCI LUCCHI (1980) entre outros, são entusiastas do uso dos icnofósseis como ferramenta para a caracterização de ambientes sedimentares. No Brasil ainda muito pouco foi feito nesse campo, sendo pioneiros os trabalhos de BEURLIN (1962 e 1965), SANTOS & CAMPANHA (1969), CAMPANHA & MABESONE (1974), SUGUIO & MARTIN (1976), MUNIZ & RAMIRES (1977) e CAMPANHA (1979, a, b).

Durante a descrição de testemunhos dos poços, foram fotografados e descritos os trechos que se apresentavam bioturbados para posterior estudo dos fósseis traços. O mesmo não pode ser feito no levantamento das seções colunares, pois os icnofósseis são totalmente mascarados pelo intemperismo das rochas aflorantes, sendo possível apenas a diferenciação rochas bioturbadas ou não. (Bioturbação deformativa no sentido genérico sem a identificação do traço). Dessa forma os estudos restringiram-se aos testemunhos, que infelizmente limitam a visão tridimensional do icnofóssil, a qual é extremamente importante na sua identificação.

Icnofósseis identificados

Foram identificados nos dois poços os seguintes icnofósseis:

Teichichnus - é uma estrutura formada por uma série de tubos horizontais alongados, empilhados verticalmente em relação ao acamamento, semelhante a um "U" achatado (prancha I). Segundo CHAMBERLAIN (1978) este icnofóssil tem espectro de ocorrência muito amplo abrangendo desde lagunas de pós-praia ("backshore") até ambientes abissais, excetuando-se ape-

PRANCHA I

Fig. 1 - *Teichichinus* forma retrusiva (FREY & HOWARD, 1970).

Fig. 2 - *Teichichinus* forma protusiva (FREY & HOWARD, 1970).

Fig. 3 - *Teichichinus* cortes longitudinal e transversal (EK-DALE *et al.* 1984).

Fig. 4 - *Teichichinus* sp em lamito com marcas onduladas truncadas. Poço 2-AL-1-SC (Prof. 2599,8m).

Fig. 5 - *Teichichinus?* sp. A - Corte transversal. B - Corte longitudinal em lamito argiloso com laminação plano-paralela. Poço 2-CS-1-PR (Prof. 2402,7m).

PRANCHA I

Figura - 1

Figura - 2

Figura - 3

Figura - 4

Figura - 5

nas o trecho compreendido pela ante praia ("fore shore"). Obviamente existem diferenças entre as espécies que ocorrem em cada ambiente, contudo, neste trabalho, foi impossível essa diferenciação.

Planolites - constituídos de tubos cilíndricos a sub-cilíndricos, retos a ligeiramente encurvados, não ramificados e tendo paredes internas bem definidas. São traços gregários, geralmente horizontais mas podendo apresentar-se ligeiramente inclinados ou até mesmo verticais por pequenas distâncias. Na tabela classificatória de CHAMBERLAIN (1978) estes traços aparecem no ambiente lagunar, na zona correspondente ao "nearshore" e na zona abissal (prancha II).

Scoryenia - segundo CHAMBERLAIN (1978) são hastes curvilíneas, com pregas ou estrias na parte externa do tubo. Dispõem-se horizontal ou verticalmente e estão associados a depósitos de lagunas (água salobra). Este testemunho aparece como estruturas lineares, circulares ou ovais em areia e folhelhos (prancha II).

Monocraterion(?) - é uma estrutura provavelmente produzida por anelídeos, sendo constituído de um tubo perpendicular ao acamamento, geralmente reto, mas podendo apresentar-se ligeiramente curvado. Exibe uma estrutura múltipla em forma de funil. Segundo WESTERGARD (1931) este icnofóssil ocorre em ambientes de laguna, antepraia ("foreshore") e face de praia ("shoreface"). (prancha II).

Rhizocorallium sp (?) - consiste num tubo em forma de "U" com "spreite" geralmente protusivo, ou seja tipo de "spreite" fica sempre contido dentro dos limites internos do tubo em "U". (EKDALE *et al.* 1984). Geralmente avança descendentemente próximo à vertical por alguns centímetros curvando-se bruscamente (em ângulo reto) para a horizontal onde desenvolve-se paralelamente ao acamamento (HANTZCHEL, 1962). O *Rhizocorallium*, segundo SELLWOOD (1970), pode aparecer em laguna de pós-praia ("backshore") e costa-afora ("offshore").

PRANCHA II

- Fig. 1 - *Planolites* sp em lamito argiloso com laminação plano-paralela - Poço 2-CS-1-PR (Prof. 2291,6m).
- Fig. 2 - *Planolites* sp em lamito argiloso com laminação plano-paralela ligeiramente perturbada - Poço 2-CS-1-PR (Prof. 2292,0m).
- Fig. 3 - *Monocraterion* sp (?) em lamito com laminação plano paralela bem desenvolvida - Poço 2-AL-1-SC (Prof. 2676,6m).
- Fig. 4 - *Scoyenia* sp em arenito muito fino a silte maciço (mosqueamento total) sobre lamito com lentes arenosas bastante bioturbado - Poço 2-AL-1-SC (Prof. 2681,1m).
- Fig. 5 - *Planolites* - Aspecto tridimensional e em corte de testemunho (CHAMBERLAIN, 1978).
- Fig. 6 - *Scoyenia* - Aspecto tridimensional e em corte de testemunho (CHAMBERLAIN, 1978).

PRANCHA II

Fig.1

Fig.2

Fig.3

Fig.4

Planolites

Figura 5

Scoyenia

Figura 6

Terebellina sp (?) - é uma estrutura provavelmente causada por anelídeos que consiste num tubo inclinado para baixo discordante do acamamento (figura 1; prancha IV). Ocorre no limite inferior da face de praia ("shoreface") e em toda costa-afora ("offshore") (CHAMBERLAIN, 1978).

Estruturas de escape - resultam de atividade dinâmica de animais perfuradores, reagindo às condições de sedimentação e realizando uma trajetória ascendente ou descendente conforme a variação dessas condições (deposição ou erosão). Na prancha IV podem ser observadas estruturas de escape ascendente devido a deposição rápida.

"*Nereis*" (*Teichichnus*) - este traço só foi identificado até agora em sedimentos recentes. Trata-se de um tubo ramificado ou, secundariamente, em forma de "U" escavado por um verme poliqueta (REINECK, 1958; in: REINECK & SINGH, 1980). Na figura 4 da prancha IV está o desenvolvimento do traço frente a níveis de sedimentação rápida (horizonte 1) ou lenta (horizonte a). Esse comportamento duplo do tubo sugere que o traço vertical e único do horizonte a é na verdade uma estrutura de escape do organismo "soterrado" rapidamente durante, por exemplo uma tempestade. Nos períodos de sedimentação normal o tubo desenvolve-se bifurcado e tortuoso.

O traço da figura 4 da prancha IV foi identificado como *Teichichnus* usando-se a sugestão de HANTZCHEL (1962) que compara esse icnofóssil aos tubos do poliqueta moderno "*Nereis*".

PRANCHA III

Fig. 1 - *Rhizocorallium*? sp; inclinado em relação à camada (Poço 2-AL-1-SC; prof. 2674,1m).

Fig. 2 - *Rhizocorallium*? sp; incluindo a parte basal do tubo. (Poço 2-AL-1-SC; prof. 2674,8m).

Fig. 1 - Aspecto geral de um *Rhizocorallium* (CHAMBERLAIN, 1978)

Fig. 2 - Corte longitudinal entre os "braços" de um *Rhizocorallium* (SELLWOOD, 1970)

PRANCHA IV

Fig. 1 - *Terebellina* sp (?) em lamito com laminação plano paralela deformada em parte na bioturbação - Poço 2-AL-1-SC (Prof. 2625,9m).

Fig. 2 - Estrutura de escape ascendente de organismo indicando uma rápida sedimentação (Estratificação cruzada tipo "hummocky") - Poço 2-AL-1-PR (Prof. 2602,8m).

Fig. 3 - *Nereis* - representação esquemática de escape desse poliqueta (REINECK & SINGH, 1973).. (a) horizonte de sedimentação lenta; (b) horizonte de sedimentação rápida.

Fig. 4 - "*Nereis?* sp" (?) (Provável *Teichichinus* sp) em arenito muito fino com marcas onduladas truncantes (micro "humoucky") - Poço 2-AL-1-SC (Prof. 2603,4m).

PRANCHA IV

Figura 1

Figura 2

Figura 3

Figura 4

V. ANÁLISES PALEONTOLÓGICA, GEOQUÍMICA E MINERALOGIA DAS ARGILAS

Análise paleontológica

Apesar do grande número de amostras examinadas, oriundas dos testemunhos dos dois poços estudados nesta dissertação, os resultados de ordem micropaleontológica não foram inteiramente satisfatórios devido à má preservação do material onde, provavelmente, o material fossilífero tenha sido destruído por ação de dissolução diagenética, FRANÇA (1984). Já no tocante às análises palinológicas os resultados foram mais promissores permitindo uma excelente qualificação dos palinomorfos presentes nos sedimentos. Os dados aqui mencionados, bem como sua interpretação, acham-se detalhadamente apresentados nos relatórios elaborados por CAMPANHA *et al.* (1981 e 1982).

Micropaleontologia - amostras de superfície e de subsuperfície foram analisadas e apenas estas últimas revelaram-se portadoras de material paleontológico passível de identificação. Entre os dois poços, o 2-AL-1-SC apresentou-se bem mais rico em espécimes fossilíferas que o 2-CS-1-PR. (figuras 17 e 18).

A ocorrência de foraminíferos arenáceos e calcários (*Earlandia* sp) vem confirmar uma tendência indubitavelmente transicional ao sedimento correspondente ao trecho estudado. *Tasmanites* associados a fragmentos vegetais de origem lenhosa encontrados na seção superior da Formação Rio do Sul e basal da Formação Rio Bonito apontam para o intervalo um ambiente misto de sedimentação (deltaico).

Palinologia - os palinomorfos mais freqüentemente encontrados nas amostras dos poços 2-AL-1-SC e 2-CS-1-PR foram: Triletes, Bissacados não estriados e Monossacados; secundariamente aparecem também formas Monoletes. Acritarcas do gênero *Micrhystridium* só foram encontrados no topo da Formação

Rio Bonito e base da Formação Palermo. Diante desse panorama CAMPANHA *et al.* (1981 e 1982) sugerem que os sedimentos do trecho estudado foram depositados em ambiente marinho não muito profundo e de águas relativamente calmas.

Geoquímica e mineralogia de argilas

As análises de geoquímica orgânica realizadas nos laboratórios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (microscopia de querogênio) em amostras obtidas nos testemunhos dos poços 2-AL-1-SC e 2-CS-1-PR mostram valores de matéria orgânica do tipo I, II e III conforme está mostrado nas figuras 17 e 18). A matéria orgânica encontrada em sedimentos é classificada, conforme a sua estruturação em tipo lenhoso, herbáceo ou amorfo. As duas primeiras de origem exclusivamente vegetal (vegetais lenhosos ou herbáceos) recebem os índices III e II, respectivamente. Matéria orgânica do tipo I é formada pela sedimentação de organismos marinhos planctônicos e não apresentam uma estruturação definida (amorfos). Este último tipo de matéria orgânica é responsável pela geração de hidrocarboneto líquido ao passo que os outros dois tipos geram gás.

Na coluna correspondente ao tipo de matéria orgânica (figuras 16 e 17), pode-se notar o predomínio quase que constante de matéria orgânica do tipo III (lenhoso) sugerindo, dessa forma, uma constante influência continental na bacia de deposição da Formação Rio Bonito para a zona estudada. Os trechos de maior percentagem de matéria orgânica dos tipos I (amorfo) e II (herbáceo) coincidem com os intervalos onde a curva de valores médios de argila indicam abundância das cloritas, o que vem reforçar a hipótese de maior influência marinha para estes trechos.

Várias amostras foram submetidas a análise difratométrica de raios X para se identificar os tipos de argilominerais presentes no sedimento.

As proporções relativas entre os três tipos de argilas mais frequentes nos sedimentos analisados, isto é, ili

ta, clorita e caolinita, podem indicar uma tendência marinha ou continental dos ambientes de sedimentação: PARHAM (1966) e POTTER *et al.* (1980) propõem uma relação onde a caolinita dimi mui a medida que o ambiente se torna marinho, ao passo que a clorita vai aumentando nesse sentido, ficando a ilita numa posição intermediária.

STEVAUX & BORDIGNON (1981; *in*: CAMPANHA *et al.* 1981) utilizaram no poço 2-AL-1-SC um gráfico baseado na relação:

$$\frac{I + C}{K} \quad \text{onde: } I - \text{ilita} \\ C - \text{clorita} \\ K - \text{caolinita}$$

para dessa forma avaliar o grau de influência marinha ou conti nental na coluna sedimentar daquele poço. Os mesmos autores, contudo observaram que, com o aumento da profundidade, ocorre, devido à fatores diagenéticos, um aumento nessa razão, o que de certa forma pode comprometer a interpretação das argilas in duzindo uma falsa tendência marinha para os ambientes sedimentares identificados.

Neste trabalho foram elaboradas duas colunas, que permitem visualizar os teores destes três minerais no trecho estudado (figura 17 e 18 capítulo VIII). É bem notável que a curva do tipo de argila mantém-se mais constante no campo das ilitas podendo significar, dessa forma, um predomínio de ambientes mistos. A curva inflete para a coluna das caolinitas frente às associações faciológicas I e II identificadas como de ambiente mais continental (flúvio-deltaico). O mesmo se dá frente à associação faciológica VII, interpretada como francamente marinha, onde a curva avança para o campo das cloritas.

Mesmo levando-se em consideração o problema dia genético, mencionado por STEVAUX & BORDIGNON (*op.cit.*), o qual acarretaria um desvio da curva de argilas para o lado das cloritas com o aumento da profundidade devido ao aparecimento da clorita diagenética, o que ocorre é justamente o inverso, significando, dessa forma, um predomínio de ambientes com grande influência continental para a base da seção. Este procedimento salienta mais uma vez o caráter retrogradante do pacote corres pondente à Formação Rio Bonito com os depósitos marinhos predo minando no topo da sequência).

VI. INTERPRETAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES FACIOLÓGICAS

Neste capítulo, todas as associações faciológicas apresentadas anteriormente serão interpretadas, tratando primeiramente dos processos sedimentares geradores e a seguir os ambientes deposicionais.

A legenda utilizada nas pranchas seguintes estão na figura 5.

Associação faciológica I (PRANCHAS V e VI)

Esta fácies ocorre bem representada em ambos os poços, bem como em vários afloramentos. Os diversos ciclos, que se iniciam com um contato basal erosivo, geralmente com granulometria mais grossa (chegando a grânulos), evoluem com granodecrescência ascendente não muito evidente atingindo algumas vezes termos lamíticos, indicam uma mudança no regime de fluxo para o topo da seqüência. Esse fato não é constatado apenas pela variação das estruturas sedimentares. Estas geralmente iniciam o ciclo com estratificação cruzada de médio porte passando gradativamente a pequeno porte, marca ondulada migrante, cavalgante e finalmente laminação planoparalela incipiente. A ocorrência de estrutura de fluidização do tipo em pires ("dishes") e do deslissamento ("washout") como dobramento convoluto denota certa instabilidade no pacote arenoso recémdepositado. Os termos finos foram transportados por suspensão e durante a decantação ("fall-out") geraram estruturas planoparalelas incipientes. Lentes e nódulos (pseudonódulos) de arenito intercalados na fácies lamítica indicam dois mecanismos de sedimentação diferentes; as lentes sugerem uma mudança local de mecanismo de transporte (de suspensão lamitos para tração dos arenitos); os pseudo-nódulos arenosos certamente estão associados à movimentação por diferença de densidade das duas litologias (lamito e areia). Essa associação faciológica é bas-

LEGENDA

Litologia

	Conglomerado
	Arenito
	Siltito
	Argilito
	Calcário
	Marga
	Lamito
	Lamito arenoso
	Arenito lamítico
	Lamito conglomerático
	Siltito carbonoso
	Carvão
	Arenito com clastos de argila

Natureza do contato

	Contato normal
	Contato erosivo

Estrutura sedimentar

	Laminação plano-paralela conspícua
	idem incipiente
	Laminação interrompida
	Laminação lenticular
	Laminação cruzada
	Estratificação cruzada
	Estratificação cruzada bidirecional (espinha de peixe)

	Estratificação cruzada de baixo ângulo
	Maciço/Mosqueado
	Marca ondulada cavaigante
	Marca ondulada simétrica
	Marca ondulada assimétrica
	"Flaser"
	Estratificação "hummocky"
	Marcas de raízes/nódulos
	Dobras convolutas
	Microfalhas
	Fluidização total
	Escape de fluidos
	Gretas de contração
	Brecha
	Fratura/fratura preenchida
	Laminação algal
	Dique clástico
	Dique clástico perturbado
	Microdiápiro / "flame"

Fósseis

	Tubos horizontais e verticais de organismos
	Restos de peixes e conchas
	Coquilha
	Bioturbação deformativa
	Restos vegetais

Figura 5 - Simbologia utilizada nas figuras e pranchas deste trabalho.

tante sugestiva de depósitos de canais. A ausência de variações granulométricas muito marcantes nos termos psamíticos, bem como a constante ocorrência de estruturas de fluidização e desliscamento ("washout") não caracterizam depósitos tipicamente fluviais mas, canais distributários de planície deltaica.

A prancha V ilustra um trecho referente à faciológia aqui caracterizada. A curva de raios gama mostra um aumento da "argilosidade" para o topo. Os depósitos residuais de fundo de canal ("lag deposits") estão representados pelos conglomerados que ocorrem a 2686 e 2692m. As figuras P(V) 1, 2 e 6 (fig. 1, 2 e 3 da prancha V) exibem a mudança nas estruturas sedimentares causada pelo decréscimo de energia de transporte (mudança no regime de fluxo) ao longo de uma superfície deposicional, numa situação muito semelhante aos depósitos de barra de meandro.

A inclinação da superfície deposicional, juntamente com a movimentação de fluxos intergranulares, deve ter permitido uma ligeira movimentação do sedimento recém-depositado originando estruturas convolutas. Tais estruturas podem ocorrer em duas escalas diferentes: 1) a nível de camadas frontais de uma estratificação cruzada, como está mostrado na fig. P(V) 3, ligadas a instabilidade de sedimento arenoso; 2) a nível de uma camada (0,5 até 1,0m) ligadas a fenômenos de deslizamentos ("washout") e movimentação devido à sobrecarga (areias sobre lamitos), fenômeno bastante comum em depósitos de planície deltaica. Essa movimentação gera também estruturas de escape de fluídos como as do tipo empíres ("dishes") chegando localmente a atingir fluidização parcial (figuras P(V) 4 e 5). SUGUIO & BIGARELLA, (1979) associam estruturas convolutas à fase de emersão dos depósitos fluviais quando "esforços internos" conduzem à liquefação e fluxo dos sedimentos adjacentes.

O predomínio de termos granulométricos muito finos indicam um ambiente de energia relativamente baixa, com lenta migração de barras de pontal muito pouco desenvolvidas. Os depósitos de granulometria mais fina, lamitos, siltitos e argilitos tiveram origem nas planícies de inundação dos distributários ou no preenchimento de canais abandonados. Neste ambi

PRANCHA V
(Poço 2-AL-1-SC)

Unidade Faciológica: Arenito gradando a lamito para o topo (única). São identificados quatro ciclos da mesma unidade faciológica. O contato basal de cada ciclo é erosivo e os sedimentos apresentam variação granulométrica de conglomerático a muito fino para o topo (fig. 1). Todos os ciclos encontram-se erodidos pelo ciclo seguinte com exceção do superior (2688-2686m) que apresenta a unidade faciológica completa com os termos silticos no topo da sequência (fig. 6). As estruturas sedimentares presentes variam da base para o topo: estratificação cruzada de médio porte (fig. 1); marcas onduladas migrantes, marcas onduladas cavalgantes (fig. 2); laminação plano paralela; marcas convolutas (fig. 3); estruturas tardi-genéticas de fluidização parcial (fig. 4) e estruturas "dishes" (fig. 5). Esta sequência de estruturas sedimentares e granulométrica caracteriza uma variação de regime de fluxo superior a inferior, culminando, no trecho superior, com depósitos originados por decantação que foram, em seguida, bioturbados.

Ambiente de sedimentação: Depósitos de canais fluviais ou distributários deltaicos com depósitos de transbordamento ("overbank") para a fácies lamítica (fig. 7).

Fig. 7 - Bloco-diagrama com os subambientes de canal (a) e planície de inundação (b) com as respectivas fácies.

Figura 6 - Visão geral do trecho analisado na prancha V. Depósitos de canal fluvial ou distributário deltaico. Poço 2-AL-1-SC, intervalo 2693-2684m, testemunho 16, caixas 3 a 11.

ente desenvolveu-se intensa atividade orgânica cujo registro pode-se identificar na figura P (V) 6, onde a bioturbação atinge, em parte ao mosqueamento.

A prancha nº VI ilustra uma situação onde a energia é mais intensa e os processos de canal melhor representados. São marcantes os vários ciclos nos quais a granulometria decresce para cima, raramente chegando a silte. Na porção inferior dos ciclos são marcantes várias seqüências de estratificação cruzada de pequeno porte constituídas de material com granulometria variando entre areia média até grânulos e, mais raramente, seixos (fig. P(VI) 1, 2 e 3).

Ao longo do estrato frontal da estratificação cruzada pode ocorrer uma seqüência com granodecrescência ascendente que é vista na fig. P(VI) 2 e no esquema anexo. Essa disposição textural é gerada por um mecanismo de "avalanche" do material mais grosso, depositado em situação metaestável juntamente com termos finos (predominantes), na superfície inclinada de camadas frontais ("forset"). Tais mecanismos não ocorrem necessariamente a cada estrato, mas têm certa intermitência.

No trecho 2351 a 2350m (fig. P(VI) 4) ocorre uma unidade faciológica composta de arenito grosso ligeiramente conglomerático a arenito médio, predominantemente maciço, com acanalamento local muito incipiente e estratificação gradativa normal e inversa bastante perceptível sugerindo um processo de posicional envolvendo mecanismos de fluxo de grãos ("grain flow"). Algumas estruturas convolutas estão associadas provavelmente a fenômenos e fluidização por emersão de barras (vide página 43).

A associação dessas duas unidades faciológicas: arenito conglomerático com estratificação cruzada e granodecrescência ascendente até siltitos (unidade predominante) juntamente com arenito ligeiramente conglomerático estratificação gradativa normal e inversa (secundária) sugere depósitos em canais anastomosados (REINECK & SINGH, 1973; COLEMAN, 1969; READING, 1978 e SUGUIO & BIGARELLA, 1979).

PRANCHA VI
(Poço 2-CS-1-PR)

- Unidades facioplógicas: a) Arenito fino a conglomerático (fig. 1, 2, 3 e 4).
b) Lamito incipientemente laminado (fig. 5).

Os ciclos iniciam-se com erosão na base e ostentam granodecrescência ascendente, estratificação cruzada de pequeno porte com seixos e grânulos ao longo do plano de estratificação (fig. 2 e fig. 3) estratificação cruzada de baixo ângulo (fig. 1), estratificação gradativa normal e inversa (fig. 4), acanalamento múltiplo mal desenvolvido, maciço. A granodecrescência ascendente também aparece nas lâminas das estratificações cruzadas (fig. 2 e 6). Esta faciologia sugere regime de fluxo superior a pequenas profundidades, fluxo laminar, fluxo granular, fluidização, avalanche e suspensão.

Ambiente deposicional: (fig. 6) depósitos originados por canais em treliça ("braided"). Os vários ciclos correspondem à migração das barras longitudinais comuns nesse tipo de canal. Descargas mais fortes geram fluxos granulares cujos depósitos são identificados na fig. 4).

Fig. 6 - Bloco diagrama com drenagem em treliça. Ao lado sedimentação em estratos cruzados.

Associação facirológica II - (Prancha VII)

Esta associação facirológica é formada por apenas duas unidades facirológicas: uma lamítica e uma arenosa. A fácies lamítica evidencia mecanismos deposicionais por decantação em ambiente restrito a ponto de permitir o desenvolvimento de sulfetos (fig. P(VII) 1). Além disso, a intensa atividade orgânica bioturbou os sedimentos atingindo o ponto 5 na escala de bioturbação de REINECK (1963), salienta uma condição de águas bastante tranquilas habitadas por animais de hábito "*poscichineos*", fig. P(VII) 4. A ocorrência de restos vegetais em grande quantidade e de marcas de raízes estabelecem uma posição mais continental a esses depósitos subaquosos.

A unidade facirológica arenosa pode ser dividida em duas fácies segundo seu contato basal; os dois inferiores, com contato basal erosivo e as duas superiores com contato basal abrupto, porém não erosivo. As estruturas sedimentares (cruzada de baixo ângulo, marcas onduladas cavalgantes e mais raramente simétricas, juntamente com marcas de raízes, estas encontradas em afloramento), sugerem um ambiente de baixa energia e de águas rasas a ponto de permitir o desenvolvimento de plantas com sistema radicular.

A intromissão destas fácies na argilosa sugere que tais depósitos tenham sido originados por rompimento de dique marginal ("crevasse splay"). Os dois tipos de contatos basais dos litossomas arenosos (erosivo e não erosivo) situam a posição desses depósitos em relação ao canal rompido. Os primeiros podem ser chamados de canais de "crevasse" e estão situados mais proximamente aos distributários (fig. P(VII) 2). Os dois outros já pertencem propriamente ao leque de "crevasse". Nota-se que no primeiro caso, além do contato basal erosivo, ocorrem estruturas que revelam um regime de fluxo um pouco superior que nos outros pacotes arenosos. Os contatos do topo de todos os pacotes são sempre gradacionais (fig. P(VII) 3) contudo, bastante rápidos o que revela certa efemeridade na origem desses depósitos.

Tal faciologia pode ser interpretada como depó-

PRANCHA VII
(2-CS-1-PR)

Unidades faciológicas: a) Lamito argiloso, bioturbado (fig. 1, 4).

b) Arenito muito fino com contato basal erosivo ou não. (fig. 2 e 3).

Os dois pacotes arenosos inferiores (2643 e 2641,5m) foram depositados por processos tracionais com energia suficiente para causar erosão no substrato e gerar estratificação cruzada (fig. 2). Nos dois pacotes superiores (2640 e 2639m) a energia não foi suficiente para tanto, resultando num contato basal abrupto, porém não erosivo e gerando estruturas sedimentares próprias de regime de fluxo mais baixo que no caso anterior.

Ambiente sedimentar: (fig. 5) Baía interdistributária ou planície de inundação (unidade faciológica lamítica) com desenvolvimento de depósitos de rompimento de diques ("crevasse splays"). Esses depósitos são de dois tipos: canais de "crevasse" (para os pacotes cujo contato basal é erosivo) e leques de "crevasse" (para os outros pacotes arenosos), conforme o diagrama abaixo (ELLIOTT, 1974).

Fig. 5 - Bloco diagrama mostrando os lobos de depósitos de rompimento de dique ("crevasse splay") numa planície de inundação.

(m)	Raio Gomo	Litologia	Estrutura										Foto	Fotografias
			Textura											
			A	S	M	P	F	N	S	C				
2635														
2636														
2637													4
2638														
2639														
2640														
2641													3
2642														
2643													2
2644														
2645													1

sitos formados em bacias interdistributárias que, esporadicamente, recebia sedimentos oriundos dos canais distributários através do rompimento dos diques marginais. A faciologia aqui estudada é muito semelhante à apresentada por ELLIOTT (1974) e que teve esta mesma interpretação.

Associação faciológica III - (PRANCHA VIII)

Esta associação é composta por três unidades faciológicas: uma de domínio arenoso, outra de domínio lamítico e uma terceira que pode ser classificada como de transição. Associada à faciologia arenosa predominam estruturas tracionais como estratificação cruzada acanalada, e micro-estratificação cruzada bidirecional "espinha de peixe" (fig. P(VIII) 1 e 4). Esta faciologia assenta-se sempre sobre uma superfície discordante onde são comuns clastos de argila disseminados no arenito (P(VIII)3). Mais para o topo da sequência ocorre a unidade transicional onde estão presentes duas litologias psamíticas e lamíticas com estruturas de tração e decantação, respectivamente. Tais estruturas são: "flaser" que gradam a ritmitos de lamito e areia e estes passam a estratificações lenticulares (ondulada e lenticular). A terceira faciologia de predominância lamítica envolve estruturas de decantação como laminação plano paralela; de exposição da superfície deposicional como gretas de contração; e estruturas orgânicas como bioturbação e raízes, rompimento de camadas, etc. (fig. P(VIII) 5 e fig. 6). Associados a essa litologia ocorrem filmes de carvão e fragmentos vegetais carbonizados.

Essa associação faciológica indica um ambiente dominado por maré. Aos canais de maré, que nunca ficam expostos, corresponde a unidade faciológica número 1 (arenosa) - ver esquema na prancha VIII. As direções duplas e opostas das microestratificações cruzadas evidenciam o sentido do fluxo na maré alta e na maré baixa. A unidade faciológica número 2 - transicional - corresponde à passagem do canal de maré propriamente dito e a planície de maré. Estruturas do tipo "flaser" mostram um mecanismo deposicional composto por tração (na sub

PRANCHA VIII
(Poço 2-AL-1-SC)

Unidade facirológica: a) Arenito com estrutura espinha de peixe

b) Ritmito e lamito - *fácies 1* - ritmito com estratificação plano-paralela e ondulada e *fácies 2* - lamito com estratificação plano-paralela, maciça e lenticular, bioturbado, com gretas de contração.

Os vários ciclos iniciam-se com a unidade facirológica arenosa sobre uma superfície erosiva. Apresentam clastos de argila, fragmentos de carvão (fig. 3); estratificação cruzada bidirecional de pequeno porte (espinha de peixe), estratificação cruzada tangencial na base, estruturas "flaser" e marcas onduladas migrantes (fig. 1 e 4). Na unidade facirológica de ritmito e lamito ocorre intensa bioturbação, acamamento do tipo "wavy", nódulos de pirita e concentrações de enxofre nativo. Ocorre também estratificação lenticular e gretas de contração (fig. 5 e 6). São comuns nesta unidade filmes de carvão, níveis de paleossolo e marcas de raízes (fig. 2).

Ambiente de sedimentação: canais e planície de maré (fig. 1).

Fig. 7 e 8 - Distribuição em área e em seção dos subambientes e fácies de uma planície e canal de maré.

da e descida da maré) e suspensão e decantação na preamar é gradativa também a passagem para a terceira fácies que corresponde à planície de maré lamítica ("mud flat") ou mais propriamente à "planície de maré alta". Nesta, é grande a atividade orgânica principalmente a vegetal que chegaram a formar depósitos de carvão (Vários níveis de carvão associados a esta unidade faciológica são observáveis próximo a Ituporanga e Vidal Ramos). Ocorre secundariamente transporte por tração que no registro deixam pequenas estruturas lenticulares de material síltico-arenoso. A exposição subaérea da superfície deposicional na maré-baixa causou a ressecção do lamito provocando a formação de gretas de contração. KLEIN, (1971) postula que o intervalo representado pelos sedimentos de planície de maré baixa, média e alta correspondem à amplitude da paleomaré que originou tais sedimentos. No trecho estudado, adotando o critério de KLEIN (op.cit.), a amplitude média das marés seriam da ordem de 1,5m, não considerando, obviamente, os efeitos da compactação.

No km 22 da Rodovia Ituporanga-Vidal Ramos aflora uma sequência de maré semelhante ao trecho representado na prancha VIII. A fig. 6 da prancha VIII, obtida no referido local, mostra sedimento típico de planície de maré alta ("mud flat").

Associação faciológica IV - Prancha IX

A presença de uma fácies carbonática, onde o Índice de PLUMLEY (1962) varia de I a II, sugere um ambiente de águas calmas à intermitentemente agitada (BANDEIRA JR., 1977). Folhelhos margosos brechados (fig. P(IX) 1 e 5) e mesmo intercalações de areia sob a forma lenticular com marcas onduladas e micro-estratificações cruzadas, juntamente com material bioclástico que aparece mais raramente no trecho e indica que o ambiente, esporadicamente, aumentava sua energia provavelmente devido à ação de tempestades. A anidrita presente neste sedimento, juntamente com a grande frequência de gretas de contração (fig. P(IX) 3, 4 e 7), evidencia um clima quente com prová

Prancha IX
(Poço 2-CS-1-PR)

Unidade Faciológica: Lamito e carbonato com anidrita e lentes arenosas (única). *Fácies 1* - lamito carbonático com anidrita, laminação algal e gretas de contração. *Fácies 2* - arenito e lamito com marcas onduladas e lentes arenosas.

Lamito e carbonato em intercalações plano-paralelas e lenticulares irregulares, brechadas e perturbadas (fig. 1, 2, 5, 6 e 8); gretas de contração preenchidas por material estromatolítico (fig. 3 e 7) nódulos e filmes de anidrita (fig. 4). A *fácies 1* indica ambiente de baixa energia com clima quente e com tendência a aridez e freqüente emersão da superfície deposicional. A *fácies 2* com arenito em lentes e canais, apresentando estratificações cruzadas de pequeno porte, micro-estratificações cruzadas, marcas onduladas simétricas e assimétricas, acamamento lenticular ("linsen") intercalado com lamito refletem a ocorrência, ainda que secundária, de processos tracionais no ambiente deposicional.

Ambiente de sedimentação: Planície de maré e/ou laguna de pós-praia bastante rasa, num clima quente com tendência a aridez. A hipótese de laguna de pós-praia protegida por ilha barreira (fig. 1) está apoiada na análise faciológica apresentada na Prancha X.

Figura 9 - Planície de maré carbonática protegida por ilha barreira.

vel tendências à aridez e também que a superfície deposicional freqüentemente apresentava-se ora exposta ora recoberta por água rasa. A laminação algal está bem definida em grande parte do trecho investigado (fig. P(IX) 5), estando o material estromatolítico mais intensamente desenvolvido nas fraturas e gretas de contração (fig. P(IX) 7). Estas características faciologicas sugerem para o ambiente deposicional uma planície recoberta eventualmente de água rasa onde se desenvolveu um tapete algal ("algal mat"). A maior concentração de material algálico nas fraturas e gretas seria provavelmente devido à maior concentração de água nesses locais nos períodos de ressecção (FRIEDMAN & SANDERS, 1978). A ocorrência, mesmo que secundária, de marcas onduladas simétricas ou mesmo assimétricas, depósitos arenosos lenticulares com características de canal, bioturbação moderada a intensa (REINECK, 1963) e laminação plano-paralela e lenticular irregular e perturbada, (fig. P(IX) 2 e 8), completam o quadro que permitem atribuir, para o trecho, um ambiente de planície de maré ou provavelmente uma laguna de pós-praia submetido a um clima quente com tendência a aridez. Sequências muito semelhantes as aqui descritas são reportadas por PURSER & EVANS (1973), FRIEDMAN & SANDERS (1978) e READING (1981), nas proximidades de Abu Dhabi no Golfo Pérsico. Contudo, neste caso, as condições de aridez são mais extremas que as aqui estudadas.

Associação faciológica V - Prancha X.

A boa seleção e baixa "argilosidade" das areias (ver perfil Raios Gama), juntamente com a ocorrência de estratificação cruzada de baixo ângulo, sugerem depósitos de praia de energia relativamente alta para o intervalo estudado. Essa idéia é reforçada quando se analisa uma outra unidade faciológica argilosa e carbonosa que ocorre na base do arenito, e cujas características exigem um ambiente extremamente calmo, redutor de águas não muito salgadas para o desenvolvimento vegetal arbustivo gerador do carvão. Tal exigência é perfeitamente satisfeita num ambiente de laguna protegida por uma praia de

PRANCHA X
(Poço 2-CS-1-PR)

Unidades facirológicas: a) Arenito limpo, maciço e localmente com estratificação cruzada de baixo ângulo.

b) Lamito argiloso, *Fácies 1* - lamito argiloso escuro carbonoso e intensamente bioturbado; *Fácies 2* - lamito argiloso bioturbado, não carbonoso.

Os arenitos da Unidade Faciológica (a) assentam-se abruptamente sobre os lamitos da Unidade facirológica (b), *Fácies 1*. Estes arenitos aparentemente são maciços, (figura 1) podendo, contudo, apresentar localmente estratificações cruzadas de médio e baixo ângulo? (figura 3) estas estratificações podem estar perturbadas por fluidização parcial (figura 2). Localmente ocorrem concentrações de pirita e apresentaram indícios de gás durante a perfuração. O contato superior com a *Fácies 2* da unidade (b) é gradacional (figura 4 e figura 5).

Ambiente deposicional: Ilha barreira (unidade facirológica a) com depósitos de laguna na base (unidade facirológica b), *fácies 1*) e depósitos de costa-afora ("offshore") no topo (unidade facirológica 2, *fácies 2*). A figura abaixo mostra a relação espacial dos sub-ambientes envolvidos.

Figura 6 - Complexo barreira-laguna.

Figura 7 - Vista geral do trecho estudado na Prancha X. (Poço 2-CS-1-PR, testemunho 16 e 17, intervalo 2290-2308m).

Figura 8 - Perfil medidor de mergulhos (HDT) do poço 2-CS-1-PR frente à ilha barreira estudada na prancha X. O padrão vermelho é dado pela compactação diferencial da camada lamítica superposta a barra. O azul é ressaltado pelas estratificações cruzadas de baixo ângulo típicas de depósito praianos. O padrão verde pode ser interpretado como mergulho estrutural regional (mod. FRANÇA & CALDAS, 1983; STEVAUX, 1984b).

barreira (unidade faciológica arenosa).

A posição dessas duas unidades faciológicas sugere uma fase transgressiva, onde a laguna foi sepultada pela migração da ilha barreira. Os sedimentos que encimam a sequência compõem uma unidade faciológica siltico-argilosa interpretada como depósitos de costa-afora ("off shore") e litoestratigráficamente correspondem à Formação Palermo. O limite entre a ilha barreira e os depósitos de costa-afora é gradativo, como pode ser observado na fig. P(X) 4. A frequência relativamente alta de indícios de gás nesses arenitos reforçam a hipótese da unidade basal argilosa e carbonosa ser de origem lagunar, uma vez que sedimentos mais continentais têm tendência a originarem hidrocarbonetos gasosos. (matéria orgânica lenhosa e herbácea).

Um estudo efetuado pelo perfil medidor de mergulhos ("dipmeter") vem corroborar a interpretação de ambiente de ilha barreira-laguna para o trecho apresentado. A figura 8 mostra o referido trecho juntamente com a curva de raios gama, a litologia interpretada e o perfil medidor de mergulhos ("dipmeter"). O padrão azul é dado pela análise das estratificações cruzadas de baixo ângulo (sempre inferiores a 5°). O padrão vermelho é obtido pela compactação diferencial do pacote lamítico sobre a barreira arenosa (FRANÇA & CALDAS, 1983 e STEVAUX, 1984b).

Associação faciológica VI - Prancha XI

As duas unidades faciológicas descritas no capítulo III mostram para esta associação dois processos sedimentares distintos, porém inteiramente relacionados entre si: fluxo de turbidez oscilatória para a unidade faciológica arenosa e decantação ("fall out") para a unidade faciológica lamítica. O contato gradativo da primeira unidade com a segunda mostra o íntimo relacionamento entre os dois processos neste ambiente.

O processo de fluxo de turbidez oscilatória ainda é muito pouco conhecido na literatura (HARMS *et al.*, 1975 e HARMS *et al.*, 1982) contudo, uma analogia pode ser feita entre

PRANCHA XI
(Poço 2-AL-1-SC)

Unidades facirológicas: a) Ritmito de argila e silte arenoso com estratificação gradativa. b) Arenito muito fino a silte com estrutura "hummocky" e estruturas de escape de organismos, *Fácies 1* arenito muito fino a silte com estruturas "hummocky" em seqüências decimétricas; *Fácies 2* arenito muito fino a silte intercalado com lamitos e apresentando estruturas do tipo "hummocky" e "swaley" de ordem centimétrica em lentes isoladas ou amalgamadas, o material encontra-se intensamente bioturbado.

A Unidade facirológica (a) ocorre na base da seção sendo truncada pela unidade facirológica (b), *fácies 1* (figura 4). É comum nesta última *fácies* a ocorrência de bioturbação em duas formas distintas: perfurações verticais de escape de organismos associadas aos termos arenosos e bioturbações horizontais nos termos lamíticos (figuras 3 e 4). A *fácies 1* grada, tanto vertical como lateralmente (em afloramentos como na figura 13), para a *fácies 2* onde ocorrem arenitos com estruturas do tipo "hummocky" e principalmente "swaley" (figura 4) e são bem mais freqüentes as intercalações lamíticas (figura 2). No topo da seqüência volta a ocorrer a Unidade facirológica (a) que localmente pode apresentar marcas de objetos (figura 5).

Ambiente de sedimentação: Barra de costa-afora ("offshore") causada por tempestades com a atuação de processos de turbidez oscilatória e secundariamente unidirecionais (Unidade facirológica a). Na figura 6 as relações entre os vários sítios deposicionais no ambiente estudado.

Figura 6 - Relação dos ambientes e depósitos de uma praia e de costa-afora com desenvolvimento de barras de costa-afora ("offshore"). Estas barras podem ou não estar ligadas diretamente aos sedimentos praianos. 1 - Lamito de costa-afora ("offshore") (intv. 2607-2611 e 2600-2599m); 2 - Turbiditos unidirecionais (distal de barra); 3 - Barra de costa-afora ("offshore"); 4 - Areia de praia. (mod. READING 1981).

Figura 9 - Visão geral do intervalo estudado na Prancha XI (Poço 2-AL-1-SC, testemunho 11, caixas 1 a 9, intervalo 2599-2608m).

	Turbiditos Unidirecionais		Turbiditos Oscilatórios		
Granulometria	Estruturas	Zonas	Estruturas	Zonas	Legenda
E		E	Laminação plano paralela/Bioturbação horizontal. Bioturbações de escape/marcas onduladas. A Micro estratificação cruzada/estratificação tipo "swaley" "Hummocky"/Maciço Estratificação plano paralela.
	D		D
	C		B/C
	B

A		A
	E		E	

Figura 10 - Analogia entre o turbidito clássico unidirecional (seqüência de BOUMA) e o oscilatório (DELLA FAVERA, com.pess.).

Figura 11 - Amalgamamento de lobos de turbiditos oscilatórios numa barra de costa-afora ("offshore"). Unidade facirológica (b), fácies 1 Serra do Uru, ao Norte de Rio do Sul (SC).

Figura 12 - Arenito com estrutura do tipo "swaley" intercalado em lamitos argilosos. Unidade facirológica (b), fácies 2. Rodovia Presidente Nereu-Vidal Ramos (SC).

Figura 13. - Foto: Barra de costa-afora ("offshore"). Notar a migração lateral e vertical das fácies 1 e 2 da unidade facirológica (b) descrita na Prancha XI (Rodovia BR-470 - Taió SC).

Diagrama: Esquema de barras de costa-afora mostrando o adelgaçamento ("thinning out") das lentes arenosas e as estruturas "hummocky", onduladas e "ripples" característicos desses depósitos (mod. de RAAF, *et al.*, 1977).

os fluxos de turbidez oscilatória e o unidirecional, cujo registro sedimentar é a "Seqüência de BOUMA". Na figura 9 pode ser examinada a comparação entre os dois tipos de turbiditos.

BOURGEOIS (1980) e DOTT Jr. & BOUGEOIS (1982) estudaram pacotes de sedimentos contendo estratificação cruzada do tipo "hummocky" numa associação faciológica aqui apresentada (Cape Sebastian Sandstone, Cretáceo superior do Oregon - EUA) sugerindo ambientes plataformais para tais arenitos. Esses sedimentos teriam sido depositados em "zonas preferenciais" na plataforma vindo a formar as barreiras de costa-afora (RAFF *et al.*, 1977; READING, 1978). O tamanho e geometria dessas barras vão depender da intensidade e freqüência dos processos geradores, podendo formar barras incipientes como é o caso das figuras 12 e 13, ou grandes concentrações de barras amalgamadas (figura 11). A litologia desses depósitos depende quase que exclusivamente do tipo de sedimentos praiano, pois são estes que, por meio das ondas de tempestades são colocados em suspensão vindo a gerar fluxos de turbidez oscilatória.

O processo de formação de turbiditos oscilatórios é extremamente rápido, como demonstram as estruturas biogênicas de escape de organismos muito características nesta unidade. É perfeitamente observado nas figuras P(XI) 2, 3 e 4 que os organismos "escaparam" do material depositado pelo fluxo de turbidez oscilatória, para novamente desenvolverem tubos horizontais nos sedimentos lamíticos originados por decantação (ver capítulo específico). Localmente o fluxo de turbidez oscilatória pode evoluir para fluxos de turbidez unidirecionais de pequena intensidade depositando "microsseqüências" de BOUMA com marcas de objetos ("tool marks") associados (BENTON & GRAY, 1981), vide figura P(XI) 5.

Desta forma, pode-se supor um ambiente de costa-afora ("offshore") para essa associação faciológica, onde a sedimentação normal (fácies lamítica) é perturbada esporadicamente por processos mais enérgicos ligados à tempestades (fácies arenosas).

Associação facirológica VII - Prancha XII.

A associação facirológica VII, como pode ser visto na prancha XII e figura 14 é uma sequência típica com granocrescência ascendente ("coarsening upward") e espessamento de pacote para o topo ("thickening upward") encimado por um pacote arenoso discordante (contato basal erosivo), que apresenta uma ligeira granodecrescência ascendente (fining upward). Tal sequência é identificada com o motivo deposicional de um lobo deltaico. O subambiente prodeltaico está representado pelo domínio quase exclusivo de lamitos com ligeiras intercalações siltico-arenosas (figura P(XII) 1). Essas intercalações tendem a espessar-se para o topo até tornarem-se quase que exclusivamente arenosas. Neste trecho são identificadas as barras distais e proximais dos distributários.

O pacote arenoso que se deposita sobre os lamitos e argilitos (prodelta) foram fluidizados total ou parcialmente fluidizados devido provavelmente a movimentação por sobrecarga. Juntamente com a fluidização pode ocorrer dispirismo do lamito nas areias e dobramento convoluto (figura 15).

Os depósitos de barras distributários são lenticulares e amalgamados e, quando fluidizados, adquirem aspecto maciço e tabular aparentando ser um corpo único.

Os sedimentos que capeiam a sequência têm características fluviais, com contato basal erosivo, estratificação cruzada de médio a grande porte, granodecrescência ascendente, restos vegetais, etc. e neste caso correspondem a canais distributários alimentadores do lobo deltaico.

Associação facirológica VIII - Prancha XIII

Esta associação facirológica apresenta trechos com características de depósitos de rompimento de diques marginais ("crevasse splays") e/ou distributários deltaicos (intervalo 2679-2676m), associados com depósitos de baía interdistributária (2676-2675 e 2672-2670m) compondo uma única unidade facirológica com duas fácies. Fácies 1: arenitos com base erosiva

PRANCHA XII

(Poço 2-CS-1-PR)

Unidades faciológicas: a) Ritmo de arenito muito fino a silte com lamito argiloso com laminação plano-paralela e lenticular; b) Arenito muito fino; *Fácies 1* - Arenito muito fino intercalado com lamito, apresentando-se maciço ou com dobras convolutas por fluidização; *Fácies 2* - Arenito fino bastante fluidizado com fragmentos vegetais e raras intercalações lamíticas. c) Arenito fino a médio com estratificação cruzada de médio (?) porte. As três unidades se superpõem sendo que a passagem da unidade (a), basal, para a (b) é gradacional e desta para a (c), de topo, é abrupta com contato basal discordante. Três mecanismos de sedimentação atuam no processo sedimentar da unidade basal (a): decantação ("fall out") responsável pelos termos lamíticos, tração para grande parte dos termos arenosos e, secundariamente, corrente de turbidez unidirecional para a faciologia rítmica (figura 1). São comuns estruturas de sobrecarga, laminação planoparalelas, micro lentes arenosas no lamito e marcas onduladas migrantes e cavalgantes. Na unidade (b) predominam sedimentos arenosos fino a muito fino e argilas com marcas onduladas cavalgantes (figura 2); diapirismo e fluidização com dobras convolutas e maciço (figura 3). As fácies 1 e 2 são diferenciadas, nesta unidade, pela granulometria e pela quantidade de lamito associado. A unidade faciológica (c) superior, é limitada na base por um contato discordante erosivo onde predominam arenito médio ligeiramente conglomerático (figura 4). Esta unidade se repete por vários ciclos submétricos com granodecrescência ascendente sendo comuns, além da fluidização (maciço) e diapirismo, estratificações cruzadas de médio porte (ver figuras 14 e 15 do texto).

Ambiente de sedimentação: A sequência é típica de um lobo deltaico onde estão presentes os depósitos prodeltaicos (unidade faciológica a), barra de desembocadura de distributário distal e proximal (unidade faciológica b, fácies 1 e 2 respectivamente) e depósitos de canais distributários da planície deltaica (unidade faciológica c). A figura 5 abaixo mostra os ambientes deposicionais e seus respectivos depósitos.

Figura 5 - Bloco diagrama com os subambientes e faciologia do bânrio canal distributário/ barra de desembocadura.

Figura 14 - Ciclo deltaico "completo" com depósitos de prodelta, frente deltaica (barras de desembocadura de distributário) e planície deltaica (canal distributário). Rodovia vicinal de Agrolândia (SC), Serra do Caçador.

Figura 15 - Detalhe de depósitos de frente deltaica distal, onde os processos de movimentação pós-deposicional foram intensos, deformando sedimentos mais ou menos rítmicos. Gruta na estrada da Mercedes-Benz, Rio do Sul (SC).

e conglomerático (figura P XIII 1) apresentando micro-estratificações cruzadas e marcas onduladas gradando para a Fácies 2: composta por lamito arenoso a lamito com marcas onduladas e laminação lenticular e plano-paralela, bioturbação e dobramento convoluto (figuras P XIII 2, 3 e 4). Essa unidade faciológica intercala-se com uma outra composta de uma única fácies de arenito muito fino, pouco argiloso (vide curva de raios Gama na prancha XIII) com estratificação cruzada de baixo ângulo e plano-paralela, marcas onduladas migrante e cavalgante que, para o topo torna-se mais argiloso com o aparecimento de intensa bioturbação (figura P XIV 5).

Estas duas unidades faciológicas são interpretadas como formadas sob ação de ondas sobre uma bacia interdistributária onde, desta forma, os depósitos de preenchimento de baía ("bay fill") são retrabalhados por processos praianos. ELLIOT (1974) descreve vários motivos deposicionais para baías interdistributárias, sendo que uma delas assemelha-se muito a esta situação, onde os processos praianos superimpõem suas características aos depósitos de preenchimento de baía ("bay fill").

Entre os processos atuantes na evolução de um ciclo deltaico estão os de abandono de lobo deltaico, onde o delta deixa sua fase construtiva entrando numa fase destrutiva (FISHER, *et al.*, 1969; RICCI LUCCHI, 1968; SUGUIO, 1982; e outros). "Estas fases são mutuamente exclusivas ou seja, se por qualquer motivo um distributário é abandonado, os processos marinhos atuam sobre os sedimentos deltaicos retrabalhando-os e/ou recobrando-os de sedimentos marinhos" (STEVAUX, 1984a, p. 111). O trecho aqui analisado mostra bem claramente o domínio de um novo processo (praiano) implantando-se sobre antigos sítios deltaicos. Os icnofósseis encontrados nestas associações faciológicas corroboram esta idéia sugerindo um ambiente de bacia interdistributária para o trecho lamítico.

PRANCHA XIII

Fig. 5

Fig. 4

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 1

Associação facirológica IX - (vide Prancha XII)

Esta associação é composta de uma única fácies (argilito e lamito laminado) e constitui complemento da associação facirológica VI e correspondente aos depósitos não arenosos originados costa-afora ("offshore").

VII. ICNOCOMUNIDADES E SEU SIGNIFICADO AMBIENTE

Com os icnofósseis estudados no capítulo IV, juntamente com as associações faciológicas já descritas nos capítulos III e VI, pode-se caracterizar cinco icnocomunidades que podem ser vistas nas figuras

Icnocomunidade A - (Poço 2-AL-1-SC - Prof. 2599-2625m e 2635-2637m) - é composta pelos icnofósseis *Teichichnus* sp, *Planolites* sp, "*Nereis*" (*Teichichnus*) e estruturas de escape. O intervalo compreendido por esta icnocomunidade está contido na associação faciológica VI. Este conjunto sugere ambiente de costa-afora ("offshore") abaixo da ação das ondas normais, porém sujeito a ação de ondas de tempestades. É interessante notar nas figuras P(XII) 4, 5 e P(IV) 2 e 3 que os organismos soterrados em níveis arenosos (com estratificação cruzada "hummocky") originados por tempestades, tentaram escapar para a superfície escavando tubos verticais e destruindo parcialmente as estratificações do sedimento. Uma vez atingido seu *habitat* estes organismos retomaram novamente o hábito horizontal.

A sedimentação normal do ambiente corresponde, dessa forma, aos sedimentos lamíticos com laminação plano-paralela e tubos horizontais e os eventos esporádicos de tempestades introduzem nessa fácies termos arenosos com estratificação cruzada do tipo "hummocky", que soterram os organismos provocando uma mudança brusca no seu hábito induzindo-os a escavar estruturas de escape verticais.

Icnocomunidade B - (Poço 2-AL-1-SC - Prof. 2625-2629m) - É definida pelos icnofósseis *Terebellina?* sp e *Planolites* sp. O ambiente definido por essa icnocomunidade é bem semelhante ao anterior porém em situação ligeiramente mais próxima à linha de costa, ou seja, no limite entre o face de praia ("shoreface") e o "nearshore". Estruturas sedimentares interpretadas como de retrabalhamento por ondas reforçam a

idêia definida pela icnocomunidade B de um ambiente entre "nearshore" e face de praia (shoreface).

Como será abordado mais a frente, a situação para este trecho (topo da Formação Rio Bonito e base da Formação Palermo) é transgressiva e dessa forma a zona correspondente à Icnocomunidade A ("offshore-nearshore") transgride sobre a zona adjacente mais rasa ("nearshore-shoreface").

Icnocomunidade C - (poço 2-AL-1-SC - Prof. 2673-2677m) - esta icnocomunidade é constituída pelos icnofósseis *Rhizocorallium?* sp e *Monocraterion* sp. Foram gerados em ambiente relativamente complexo, onde ondas retrabalharam o material depositado dentro de uma baía interdistributária e desse modo os icnofósseis têm características comuns aos dois ambientes: o *Rhizocorallium* sp gerado em porções mais calmas e protegidas da ação das ondas na baía interdistributária; e o *Monocraterion* sp que pode ocorrer em ambos ambientes, ou seja, nas partes calmas da baía, juntamente com o primeiro icnofóssil, ou situar-se em locais de maior energia onde a ação das ondas se faz presente.

Icnocomunidade D - (Poço 2-AL-1-SC - Prof. 2654m) - Definida pelos icnofósseis *Planolites* sp e *Scoyenia*. Esta icnocomunidade está perfeitamente concordante com a associação faciológica VIII que define depósitos originados em planícies e canais de maré.

Icnocomunidade E - (Poço 2-CS-1-PR - Prof. 2300 - 2380m) - Icnocomunidade formada pelos icnofósseis *Planolites* e *Teichichnus* (prancha IV). Devido ao amplo espectro de ocorrência destes icnofósseis, só foi possível ser definida esta icnocomunidade por estarem relacionadas à associação faciológica IV e V. Ambientes de planície de maré carbonática e lagunas protegidas por ilhas barreiras são os prováveis ambientes geradores desta icnocomunidade. A ocorrência de tubos de planolites intensamente piritizados (figuras P(II) 1 e 2) sugerem um ambiente bastante redutor (lagunas).

Na figura 16 estão os ambientes sedimentares definidos neste trabalho por meio das associações facirológicas e das icnocomunidades.

Figura 16 - Ambientes deposicionais determinados pelas icnocomunidades juntamente com as associações facirológicas.

Associação facirológica e ambientes correspondentes:

- I. Canal fluvial/distributário
- II. Rompimento de dique marginal ("Crevasse splay")
- III. Planície de maré
- IV. Planície de maré clástico-carbonático
- V. Ilha barreira (praia)
- VI. Costa-afora ("offshore") dominado por tempestade (barras submersas)
- VII. Lobo deltaico
- VIII. Lobo deltaico retrabalhado (abandonado)
- IX. Costa-afora ("offshore").

VIII - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Três áreas distintas, distantes entre si cerca de uma centena de quilômetros, foram aqui estudadas, de modo que foge ao escopo deste trabalho qualquer tentativa de correlação estratigráfica ou análise paleogeográfica da Formação Rio Bonito. Os ambientes aqui discutidos ficaram qualitativamente bem definidos, mostrando um predomínio de sítios deposicionais mistos, ora com maior influência continental ora com maior influência marinha.

A conhecida atribuição deltaica para os ambientes sedimentares da Formação Rio Bonito, definida, grosseiramente, em trabalhos de âmbito regional (MEDEIROS *et al.*, 1970; SCHNEIDER & CASTRO, 1975; BANDEIRA & FRANÇA, 1982; FRANÇA & CALDAS, 1983 entre outros) e em trabalhos locais (CASTRO E MEDEIROS, 1980; MENEZES Fº & RODRIGUES, 1983; DAEMON *et al* 1985, etc) foi também perfeitamente caracterizada nas áreas estudadas nesta dissertação. Contudo, ao se comparar os ambientes posicionais deltaicos identificados neste trabalho com modelos provindos da literatura não se obtém uma correspondência perfeita. Isso leva a imediata suspeita de um modelo deltaico diferente dos três tipos clássicos (dominado por ondas, marés e rios). A profundidade relativamente pequena da bacia deposicional observada nos testemunhos e afloramentos estudados (principalmente baseado em dados icnofossilíferos) bem como o limite difuso entre os ambientes sedimentares leva a supor que os lobos deltaicos seriam de pequeno porte, conforme já mencionado por BANDEIRA (1982) e alimentados por um sistema fluvial de baixa energia numa bacia bastante protegida da ação direta do mar (tipo golfo), pelo menos nos dois terços inferiores do pacote sedimentar da Formação Rio Bonito (figuras 17, 18 e 19).

O agente dinâmico mais importante e de maior energia que atuava moldando e construindo todo o arcabouço deltaico eram as tempestades. Estas arrancavam sedimentos da frente e da planície deltaica e distribuía-os sob a forma de barras de costa-afora ("offshore"). Tais barras, segundo SWIE-DJUN

Unidades	Litoestratigraf	Inter. 10 m	Litologia	Estruturas e Textura	Associação Faciológica	Mar	Contínente	Predomin. Argila			Icnocomunidade	MO. %	Micropaleontologia	Patinologia	Ambientes de Sedimentação	
								Clorita	Ilita	Coalinita						
ITAPARÉ	FORMAÇÃO RIO BONITO	Mb. Triunfo /Mb. Paraguaiçu	Sideropól.	26.50	9	6	9	8	1 e 2	3	8	1	7			

Unidades Litoestratigráficas	Litoestratigrafia	Litoestratigrafia	Estruturas & Textura	Geometria	Associação Faciológica	Mar	Contínente	Ambiente de sedimentação
			A S F F A G					
PALERMO				La	9			Transgressão com barras de "off shore"
					6			
BONITO	Mb. Siderópolis		M F Y F M F Y F M F	Bc	5, 4			Barras de praia transgressivas soterrando lagunas de pós-praia associados a carvão.
				Bc				
RIO	Membro Periquete		Y M Y M Y M	L	1, 8 3			Planícies de maré clástica e carbonática com desenvolvimento de carvão, carbonatos e secundariamente evaporitos.
				L?	4			
FORMAÇÃO	Mb. Triunfo		Y M Y M Y M	L?	1, 2 e 3?			Transgressão mais avançada com depósitos de "off shore" e barras de "off shore".
				L?	7?			
RIO SUL			Y M Y M Y M	La/B	9, 8?			Planície deltaica "apegada" com desenvolvimento de planícies de maré, retrabalhamentos por ondas e carvão associado.
				L	6			
			Y M Y M Y M	L	9			Reproduções de lobos deltaicos, com frente deltaica distal, proximal, e planície deltaica com distributários e carvão associado.
				L	3, 8			
			Y M Y M Y M	B	6			
				L	9			
			Y M Y M Y M	L	3			
				L	1 e 2			
			Y M Y M Y M	L	1 / 8			
				Ld	8			
			Y M Y M Y M	Ld	7			
				Ld				

LEGENDA : La: lentes amalgamadas; Ld: lentes deformadas; B: Bancos; Bc: Bancos contínuos.

Figura 19 - Quadro de resultados das seções colunares da área de afloramento.

(1976), READING (1981), BOURGEOIS (1980) e DOTT & BOURGEOIS (1980) podem, com o passar do tempo, ficar emersas e, desta forma, protegerem ainda mais o sítio deposicional deltaico. BANDEIRA Jr. (1982) e STEVAUX (1984), estudando a Formação Rio Bonito, fizeram alusão à atividade de tempestades, na remoção por lavagem, dos sedimentos pelíticos e, por conseguinte, também da matéria orgânica do prodelta, carregando-os para as zonas mais afastadas da plataforma. Localmente, como foi visto no Capítulo VII (Associação faciológica VII, prancha XII), pode haver preservação integral do registro sedimentar de um lobo deltaico. Esta situação, contudo, é extremamente rara na Formação Rio Bonito (vide também figura 14).

As marés, ainda que secundariamente, contribuíram na construção do registro sedimentar da Formação Rio Bonito. De um modo geral estas marés não ultrapassavam a categoria de meso-marés ($\leq 2m$), mas devido à falta de atuação efetiva das ondas e dos rios esta adquiriram uma importância relativa. Vários são os trechos onde é bastante sensível o domínio das marés no sítio deposicional.

Outro fator interessante a ser comentado é o caráter essencialmente retrogradante dos sedimentos aqui estudados. A partir do topo da Formação Rio do Sul (Subgrupo Itararé) ocorre uma tendência transgressiva lenta, porém constante, de subida do nível do mar. Essa situação propiciou um empilhamento sedimentar com características retrogradacionais, ou seja, mesmo sob a influência de uma sedimentação eminentemente progradante que é a sedimentação deltaica, cada ciclo deltaico é empurrado na direção do continente desenvolvendo-se mais "on shore" que seu antecessor.

No decorrer de sedimentação da Formação Rio Bonito essa característica transgressiva que, gradativamente se impunha sobre o sítio deposicional, poderia ocasionalmente ser mais intensa e inibir o próprio desenvolvimento deltaico. Esses eventos transgressivos maiores estão representados pelos sedimentos do Membro Paraguaçu, onde ocorre o predomínio de termos finos marinhos ou de uma extensa planície litorânea, que frequentemente era invadida por águas marinhas, sem a possibilidade do desenvolvimento deltaico (FRANÇA & CALDAS, 1983).

Uma nova investida marinha sobre o continente, de maneira mais incisiva, ocorreu já no fim de sedimentação da Formação Rio Bonito, representado lito-estratigraficamente pelo Membro Siderópolis. Aqui os depósitos continentais e litorâneos foram retrabalhados pelas águas marinhas de grande energia, talvez pelo próprio desaparecimento, nessa época, da situação de "golfo" que predominou durante a deposição dos dois terços basais da formação. Como resultado, estabeleceu-se uma paleogeografia onde ocorriam extensas ilhas barreiras (praias transgressivas com lagunas de pós-praia ("back shore") com sedimentação pelítica e orgânica e depósitos marinhos na frente das ilhas barreiras. Esta característica transgressiva culmina com a sedimentação da Formação Palermo que se estende por toda borda leste da Bacia do Paran, chegando os seus limites at ao norte do Estado de So Paulo, onde se situam atualmente as cidades de Mococa, Casa Branca etc. (FULFARO *et al.* no prelo; STEVAUX *et al.*, 1985).

Algumas evidncias do paleoclima que reinou durante a sedimentao da Formao Rio Bonito foram tambm reconhecidas. A influncia glacial, que ainda persistia no topo da Formao Rio do Sul e base da Formao Rio Bonito (CASTRO & MEDEIROS, 1980), parece desaparecer no decorrer da sedimentao Rio Bonito. A associao florstica identificada nos depsitos de carvo, que ocorrem no tero inferior da Formao Rio Bonito, estudada por BORTOLUZZI *et al.* (1978), indicam a existncia de um clima frio a temperado e razoavelmente mido. A tendncia de melhoria climtica que comeava a manifestar-se ao final da Formao Rio do Sul, prsegue durante a deposio da Formao Rio Bonito. Examinando o intervalo 2300 a 2340m do poo 2-CS-1-PR (Captulo VII, Associao faciolgica IV, prancha IX), pode-se reconhecer uma plancie de mar num clima j bastante quente com tendncias a aridez, chegando localmente a depositar (anidrita). Este trecho, contudo, correlaciona-se tanto litoestratigraficamente, como talvez cronologicamente com os nveis contendo ocorrncias de carvo do Sul de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, as quais apresentam a mesma associao florstica descrita e interpretada por BORTOLUZZI *et al.* (op.cit.). Disso pode-se supor que, a mudana do clima tem

perado a frio para mais quente com tendência a aridez começou no norte e depois avançou para o sul e que a distância de cerca de 300km entre as localidades estudadas, era suficiente para permitir tal variação climática. Porém, estas hipóteses carecem de dados bioestratigráficos para sua comprovação.

A metodologia aplicada nesta dissertação mostrou-se de grande eficácia na identificação de ambientes sedimentares, podendo, portanto, constituir uma ferramenta de grande importância na determinação de Sistemas Depositionais. Algumas ressalvas, contudo, devem ser feitas na aplicação desta metodologia. Inúmeros são os casos em que uma determinada associação faciológica não é suficiente para identificar mais precisamente seu ambiente deposicional. Estas situações foram solucionadas, neste trabalho, analisando o contexto mais global que continha a referida associação faciológica. São exemplos disso a definição dos ambientes sedimentares das associações faciológicas IV e V e também VI e IX.

A utilização de mapas estratigráficos de detalhe (isôpacas, isolinhas, razões arenito: folhelho, etc.) contribui eficazmente na identificação de ambientes deposicionais. A "macro-geometria" de uma associação faciológica é provavelmente a característica mais importante na definição de muitos ambientes deposicionais (e.g. complexo ilha barreira-laguna, canais distributários ou de marés, entre outros). Infelizmente a disponibilidade desses dados é muito rara em trabalhos geológicos desta natureza. Para a presente dissertação só se dispunha de mapas estratigráficos em escalas regionais (CASTRO & MEDEIROS; 1980; FRANÇA & CALDAS, 1983 entre outros) inúteis para a análise de ambientes deposicionais aqui proposta. A medida em que tais dados sejam adquiridos (a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM - está atualmente desenvolvendo um projeto, na região de Rio do Sul (SC), de mapeamento geológico e faciológico, bem como o levantamento de seções colunares em escala adequada) já se pode antever uma integração das associações faciológicas aqui propostas e seus respectivos mapas estratigráficos no sentido de se obter uma paleogeografia mais próxima da realidade.

IX - BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J.R.L. - 1970(a) - *Physical processes of sedimentation*. Am. Elsevier Pub. Company. Inc. 248pp. New York.
- ALLEN, J.R.L. - 1970(b) - An introduction to sedimentary structures. *Geology*. nº 2, p.8-20.
- BANDEIRA JR., A.N. - 1977 - *Sedimentologia e microfácies calcárias das Formações Riachuelo e Cotinguiba da Bacia de Sergipe/Alagoas*. Dissertação de Mestrado, IG/USP. Inédita. 59pp.
- BANDEIRA JR., A.N. - 1982 - *Novo Modelo geológico para o Sistema Depositional Rio Bonito*. PAULIPETRO, relatório interno (RT 121/82) 11 pp.
- BANDEIRA JR., A.N. & FRANÇA, A.B. - 1982 - *Projeto Deltas do Rio Bonito*. Consórcio IPT/CESP-PAULIPETRO, relatório interno (RT 121/82) 25pp.
- BENTON, M.J. & GRAY, D.I. - 1981 - Lower Silurian distal shelf storm - induced turbidites in the Wilsh Borders: sediments, tool marks and trace fossils. *Journal of Geological Soc. London*. v.138, p. 675-684.
- BEURLIN, K. - 1962 - O gênero *Callianassa* nas formações cretácias de Pernambuco. *Arq. Geol., Escola Geologia, UFPe, Recife*, v.2, p.1-10.
- BEURLIN, K. - 1965 - Crustáceos decápodes nas Formações Riachuelo (Cretáceo de Sergipe) *An. Ac. Bras. Ciên.* v. 37, n. 2, p. 267-272.
- BORTOLUZZI, C.A.; PICCOLI, A.E.M.; ROSSI, G.E.; SOMMER, M.G.;

- TOIGO, M.M.; PONS, M.E.H.; WOLF, M. e SILVA, Z.C.C. - 1978 - Pesquisa geológica na Bacia Carbonífera de Santa Catarina. *Pesquisa. U.M.*, p. 33-192.
- BORDIGNON, J.L. & ETCHEBEHERE, M.L. - 1982 - As seções colunares das Rodovias Ituporanga-Vidal Ramos e Rio do Sul-Tucano (SC) - Levantamento de detalhe (1:200). Consórcio IPT/CESP - PAULIPETRO. Relatório Interno s/n.
- BOURGEOIS, J. - 1980 - A transgressive shelf sequence hummocky stratification: The cape San Sebastian Sandstone (Upper Cretaceous, South Western Oregon). *Journal of Sedimentary Petrology*. v. 50, nº 3, p. 681-702.
- CAMPANHA, V.A. & MABESOONE, J.M. - 1974 - Paleoambiente e paleoecologia do Membro Picos, Formação Pimenteiras, (Devoniano do Piauí). *Anais XXVIII Congs. Bras. Geol.*, vol. 2, p. 221-235.
- CAMPANHA, V.A. - 1979(a) - Estruturas sedimentares biogênicas: Conceitos básicos. *Notícia Geomorfológica*. Campinas. nº 19, p. 59-80.
- CAMPANHA, V.A. - 1979(b) - Contribuição ao estudo do Calcário Oiteiros (RN). *Revista Brasileira de Geociências*. v. 9, nº 4, p. 219-231.
- CAMPANHA, V.A. et al. - 1981 - *Relatório final do Poço 2-CS-1-PR*. Consórcio IPT/CESP - PAULIPETRO. relatório interno s/n.
- CAMPANHA, V.A. et al. - 1982 - Relatório Final do Poço 2-CS-1-PR. Consórcio IPT/CESP - PAULIPETRO, relatório interno s/n.
- CASTRO, J.C. & MEDEIROS, R.A. - 1980 - Fácies e modelos de sedimentação das Formações Rio do Sul e Rio Bonito, Leste de SC; fácies e evolução sedimentar do Grupo Passa Dois na BR 470 (SC). *Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia*. Roteiro de excursões, p. 65-97.

- CHAMBERLAIN, C.K. - 1978 - Recongnition of trace fossils in cores. BASAN, P.B. (ed.), *Trace fossils concepts*. SEPM - Short Course n^o 5. Oklahoma City, p. 119-139.
- COLEMAN, J.M. - 1976 - *Deltas: process of deposition and models for exploration*. Cont. Ed. Publ. Co. Champaign. (USA). 102 pp.
- DOTT JR. R.H. & BOURGEOIS, J. - 1982 - Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences. *Geological Society of America Bull.* v. 93, p. 663-680.
- ELLIOTT, T. - 1974 - Interdistribuitaty bay sequence and their genesis. *Sedimentology*. n^o 21, p. 611-622.
- EKDALE, A.A.; BROMLEY, R.G. e PEMBERTON, S.G. - 1984 - *Ichnology Trace fossils in sedimentology and stratigraphy*. Society of Economic Paleontologits and Mineralogists. SEPM Shout Course n^o 5. 317 pp.
- EYLES, N. & EYLES, C.H. - 1983 - Sedimentation in a large lake: a reinterpretation of the late Pleistocene stratigraphy at Scarborough Bluffs, Ontario, Canada. *Geology*. v. 11, n^o 3, p. 146 - 152.
- EYLES, N.; EYLES, C.H. e MIALL - 1983 - Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamictite and diamictite sequence. *Sedimentology*. v. 30, p. 393-410.
- FISHER, W.L. & MC GOWEN, J.H. - 1967 - Depositional systems in the Wilcox Group of Texas and their relationship to

occurrence of oil and gas. *Gulf Coast Association of Geologists Society*, Trans. v.17, p. 105-125.

FISHER, W.L. & MC. GOWEN, J.H. - 1969 - Depositional systems in Wilcox Group (Eocene) of Texas and their relation to occurrence of oil and gas. *American Association of Petroleum Geologists Bull.* v. 53, p.30-54.

FISHER, W.L.; BROWN JR., L.F.; SCOTT, A.J. e MC GOWEN, J.H. - 1969 - *Delta systems in the exploration for oil and gas, a research colloquium*. Bur of Econ. Geology. University of Texas at Austin. 78pp.

FOLK, R.L. - 1968 - *Petrology of sedimentary rocks* - The University of Texas. 170pp.

FRANÇA, A.B. - 1974 - Porosidade secundária nos arenitos das Formações Rio Bonito e Itararé e sua possível implicação na exploração de petróleo na Bacia do Paranã. *Rev. Bras. Geoc.* v.14, nº 1, p.35-46.

FRANÇA, A.B. & CALDAS, A.F.D. - 1983 - Diferenciação e evolução dos sistemas deltaicos na parte superior do Grupo Tubarão, Bacia do Paranã. *Rev. Bras. Geoc.* v. 13, nº 1, p.56-68.

FRIEDMAN, G.M. & SANDERS, J.E. - 1978 - *Principles of Sedimentology*. John Wiley & Sons. New York. 792 pp.

FULFARO, V.J.; STEVAUX, J.C.; SOUZA Fº, E.E., E BARCELOS, J.H. - 1984 - A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. *An. XXXIII Cong. Bras. Geologia*. Rio de Janeiro. v. II, p. 711 - 724.

GAMA JR., E.G. - 1977 - *Sistemas deposicionais e modelos de sedimentação das Formações Campos e Emborê, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil*. Tese de doutoramento, inédito. USP/IG. São Paulo 104pp.

- GAMA JR., E.G. - 1979 - A sedimentação do grupo Passa Dois (Exclusive Formação Irati): um exemplo geomórfico. *Rev. Bras. Geoc.* v.9, nº 1, p.1-16.
- HANTZSCHELL, W. - 1962 - Trace fossils and problematica. In MORE, R.C.(ed.): *Tretise on invertebrate paleontology*. New York; p. 177-245.
- HARMS, J.C.; SOUTHARD, J.B.; SPEARING, D.R. e WALKER, R.G. - 1975 - *Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists (SEPM). Short Course nº 2. 161pp.
- HARMS, J.C.; SOUTHARD, J.B. e WALKER, R.G. - 1982 - *Structures and sequences in clastic rocks*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists (SEPM). Short Course nº 9. Calgary. 51pp.
- KLEIN, G. de V. - 1971 - A sedimentary model for determining paleotidal range. *Bull. Geol. Soc. Am.* nº 82, p. 2585-2592.
- KOMAR, P.D.; NEUDECK, R.H. e KLUM, L.D. - 1972 - Observations and significances of deep-water oscillatory ripple marks on the Oregon Continental Shelf. In SWIFT, J.P.; DUANE, D. e PILKEY, O.H. (eds.): *Shelf sediment transport*. Stroudsburg, Pa. Dowden, Hutchinson and Ross. p. 601-619.
- KREBS, A.S.J.; MENEZES, N.R. e RODRIGUES, T.L.N. - 1984 - Carvão e relação com os Sistemas Depositionais da Região de Taió (SC). *An. XXXIII Congr. Bras. Geol.* Rio de Janeiro, p. 1204-1222.
- KRUMBEIN, W.C. & SLOSS, L.L. - 1959 - *Principles of Stratigraphy and Sedimentation*. Freeman, San Francisco. 497 pp.
- MEDEIROS, R.A.; TOMAZ Fº, A. & RONCARATI, H. - 1971 - *Projeto Rio Bonito*. Relatório Interno. PETROBRAS/DESUL, nº 402, ^{2y}24 pp.

- MENEZES, F., N.R. & RODRIGUES, T.L.N. - 1983 - Faciologia e Análise ambiental preliminar da Formação Rio Bonito na Região de Grande Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil: Uma proposta de modelo deposicional. *Atas do I Simpósio Sul Brasileiro de Geologia*, Porto Alegre (RS). p. 371-391.
- MUHLMANN, H. NORTHFLEET, A. e MEDEIROS, R.A. - 1969 - *Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná*. Relatório Interno. PETROBRAS/DESUL.
- MUNIZ, G. da C. & RAMIRES, L. de O. - 1977 - Observações icnológicas preliminares da Formação Maria Farinha, Paleoceno do Nordeste. *Atas VIII Simp. Geol. Nordeste*. p. 111-115.
- MUNSELL COLOR CO. - 1975 - *Edition Munsell color Company Inc.* Baltimore, Maryland, USA.
- MUTTI, E. & RICCI LUCCHI, F. - 1972 - Le torbiditi dell' Appenino settentrionali: introduzione all'analisi di facies. *Mem. Soc. Geol. Italiana*. v. 11, p. 161-199.
- OLIVEIRA, E.P. - 1927 - *Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná*. Serviço Geológico e Mineralógico, Monografia nº VI. Rio de Janeiro.
- PLUMLEY, W.J. - 1962 - Energy index for limestone interpretation and classification. In: Am. Assoc. Petroleum Geologists (Research Committee). *Classification of rocks: a symposium*. Tulsa Okla. Memoir nº 1, p. 85-107.
- PURSER, B.H. & EVANS, G. - 1973 - Regional sedimentation along the Trucial Coast, SE. Persian Gulf. In PURSER, B.H. (ed): *The Persian Gulf*. Springer - Verlag, Berlin. p. 343-376.
- RAAF, J.F.M.; BORESM, J.R. & GELDER, A. van - 1977 - Wave-generated structures and sequences from a shallow marine succession, Lower Carboniferous, County Cork, Ireland. *Sedimentology*. v. 24, p. 451-483.

- REINECK, H.E. - 1958 - Longitudinale schrägschicht im watt.
Geol. Rdsch, nº 47, p. 73-82.
- REINECK, H.E. - 1963 - Sedimentgejüge in Berlich der sudlichen Nordsee. *Abh. senckenbergische naturforsch. ges.*, nº 505, p. 1-138.
- READING, H.G. - 1981 - *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Scientific Publications. 569 pp.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.B. - 1980 - *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag. New York pp. 439.
- RICCI LUCCHI, F. - 1982 - *Sedimentologia - Parte III*. Cooperativa Livraria Universitária Editrice. Bologna - 545pp.
- RYER, T.A. - 1981 - Deltaic coals of Ferron Sandstone Member of Mancos Shale: predictive model for Cretaceous Coal bearing strata of Western Interior. *The Am. Assoc. of Petroleum Geologists Bull.* v. 65, nº 1, p. 2323-2340.
- SAAD, A.R. - 1977 - *Estratigrafia do Subgrupo Itararé no Centro e Sul do Estado de São Paulo*, (Dissertação de Mestrado-inédita) IG/USP.
- SANTOS, M.E.M. & CAMPANHA, V.A. - 1969 - Bioglifos da Formação Irajá, Devoniano do Estado de Pernambuco. *Anais Acad. Bras. Ciênc.* vol. 4, nº 3, p. 4-91 (resumos).
- SANTOS, P.R. - 1979 - *Distribuição estratigráfica, características e fácies de diamictitos e rochas associados do Subgrupo Itararé do Centro e Sul do Estado de São Paulo*. (dissertação de mestrado - inédita) IG/USP.
- SCHNEIDER, R.L. & CASTRO, J.C. - 1975 - *Análise estratigráfica, sedimentológica e possibilidades petrolíferas da Formação Rio Bonito no Sudoeste da Bacia do Paraná*. Relatório Inter no. PETROBRÁS/DEXPRO.

- SEILACHER, A. - 1964(a) - Biogenic sedimentary structures.
IMBRIE, J. & NEWELL, N. (eds): *Approches to paleoecology*.
John Wiley and Sons, New York, p. 296-316.
- SEILACHER, A. - 1964(b) - Sedimentological classification and
nomenclature of trace fossils. *Sedimentology*, nº 3, p.
253-256.
- SELLEY, R.C. - 1982 - Ancient sedimentary environments. 2nd
Edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. 287
pp.
- SELLWOOD, B.W. - 1970 - The relation of trace fossils to small
sedimentary cycles in the British Lias. In CRIMES, T.P. &
HARPER, J.C. (eds.): *Trace Fossils*. Geological Journal Sp.
Publ, nº 3; p. 489-504.
- SHANMUGAM, G.; DAMUTH, J.E. e MOIOLA, R.J. - 1985 - Is the
turbidite facies association scheme valid for interpreting
ancient submarine fan environments? *Geology* v. 13, p. 234-
237.
- SHAWA, M.S. - 1979 - *Use of sedimentary Structures for Recongnition of clastic Environments*. Canadian Society of Petroleum
Geologists. 66 pp.
- STEVAUX, J.C. & SANTOS, M.V. - 1980 - *Elementos de Geologia de Poço*. Convênio UNESP/IPT. 200pp.
- STEVAUX, J.C. - 1984(a) - Faciologia e ambientes de sedimentação da Formação Rio Bonito (Região de Rio do Sul, SC). In
STEVAUX, J.C.: *Exame de Qualificação*. IG/USP, São Paulo. p.
98-119.
- STEVAUX, J.C. - 1984(b) - Interpretação de ambientes de sedimentação através de perfis de poços. In STEVAUX, J.C.: *Exame de Qualificação*. IG/USP. p.67-97.

- STEVAUX, J.C. & BORDIGNON, J.L. - 1981(a) - *Seção Colunar Rodovia BR 470 - Rio do Sul - Curitiba* (SC). Relatório interno IPT/CESP-PAULIPETRO.
- STEVAUX, J.C. & BORDIGNON, J.L. - 1981(b) - Interpretação paleoambiental da Formação Rio Bonito no poço 2-AL-1-SC. In CAMPANHA, V.A. (coord.): *Relatório final do Poço 2-AL-1-SC*. Relatório interno. IPT/CESP-PAULIPETRO.
- STEVAUX, J.C. & SOUZA Fº, E.E.; PERINOTTO, J.A.J. e WU, F.T. - 1985 - Ambientes de sedimentação do topo do Grupo Tubarão na Região de Cerquilha (SP). *An. V Simp. Reg. Geol.* (no prelo) São Paulo.
- SUGUIO, K. - 1981 - Roteiro de excursão geológica à planície do Complexo Deltaico do rio Paraíba do Sul. (Rio de Janeiro). *IV Simpósio do Quaternário no Brasil*. Pub. Esp. nº 2. Rio de Janeiro. 88 pp.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. - 1976 - Presença de Tubos fósseis de *Callianassa* nas Formações Quaternárias do litoral Paulista e sua utilização na reconstrução paleoambiental. *Bol. I.G. USP*, São Paulo. v. 7, p. 17-26.
- SUGUIO, K. e BIGARELLA, J.J. - 1979 - *Ambiente fluvial, sua interpretação e importância*. Editora da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 183pp.
- SWIE-DJUN, N. - 1976 - Marine transgressions as a factor in the formation of sandwave complexes. *Geologie en Mijnbouw*. v. 155, nº 1-2, p. 18-40.
- VISHER, G.P. - 1965 - Use of vertical profile in environmental reconstruction. *Am. Assoc. of Petroleum Geologists Bull.* v. 49, nº 1, p. 41-61.
- WALKER, R.G. - 1979 - *Facies Models*. Geoscience Canada, Reprint Series 1, pp.211.

WESTERGARD, A.H. - 1931 - *Diplocraterion*, *Monocraterion* and *Scolithus* from the Lower Cambrian of Sweden - *Sveriges Geologiska Vundersokning*. Arsbok 25, n^o 5 Serie C n^o 372. Stockholm, 34 pp.