

# FÁCIES E ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES EM DEPÓSITOS NEOQUATERNÁRIOS DE TERRAÇO NA BACIA DO RIO DO PEIXE, REGIÃO OCIDENTAL PAULISTA

Mario Lincoln ETCHEBEHERE<sup>1</sup> & Antonio Roberto SAAD<sup>1,2</sup>

(1) Universidade Guarulhos – UnG. Praça Tereza Cristina, 1 - Centro.

CEP 07.023-070. Guarulhos, SP. Endereço eletrônico: geo@ung.br.

(2) Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Câmpus de Rio Claro.

Avenida 24-A, 1515. Caixa Postal, 178. CEP 13.506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: dga@rc.unesp.br.

Introdução

Conceitos Básicos

Nomenclatura Utilizada

Panorama Geológico do Vale dos Depósitos de Terraço

Fácies

Associação de fácies

Quadro-Síntese

Agradecimentos

Referências Bibliográficas

**RESUMO** - Este trabalho descreve as fácies sedimentares e as associações de fácies interpretadas para os depósitos de terraço encontrados no vale do Rio do Peixe, oeste do Estado de São Paulo, bem como traça o quadro paleoambiental delineado para a história geológica desses corpos, incluindo feições de gênese, de alterações e de desmantelamento. Os depósitos de terraço apresentam um quadro de fácies muito similares entre si, envolvendo corpos arenosos e areno-conglomeráticos maciços ou com estratificações cruzadas acanaladas, bancos de cascalho, siltitos e argilitos ricos em fito-remanescentes. Foram definidas e descritas (em termos texturais e estruturais) 14 fácies siliciclásticas, sendo 11 do tipo deposicional *stricto sensu*, duas relacionadas a processos de liqüefação (sismitos) e uma do tipo residual (elúvio). Estas fácies foram agrupadas em 7 associações, que permitem interpretar um quadro paleoambiental com destaque para as seguintes associações de fácies: I (canal fluvial com predomínio do padrão entrelaçado), II (dique marginal - representando possível transição para um sistema meandrante psamítico), III (planície de inundação - reforçando a hipótese de gradação entre o sistema entrelaçado e o meandrante psamítico), IV (lago), V (fluxo de detritos), VI (sismito) e VII (elúvio). Dados palinológicos permitem admitir clima seco, e provavelmente frio, durante a formação dos depósitos fluviais, com cobertura vegetal esparsa, incapaz de proteger o solo ante processos erosivos associados a episódicas tempestades. A fácies lacustre é representada por bancos pelíticos com espessuras métricas, incomuns em um contexto de planície fluvial do tipo entrelaçado, o que é interpretado como fruto de barramentos locais, de possível origem tectônica. Os sismitos e as fácies de *debris flow* reforçam a hipótese de barramentos localizados de origem tectônica, cujas ocorrências são esperáveis em um contexto de instabilidade tectônica. Os elúvios representariam remanescentes de depósitos de terraço em blocos sujeitos a alçamentos tectônicos. Os diversos terraços foram agrupados na chamada Aloformação Rio do Peixe, cuja gênese e posterior desenvolvimento parecem ter sido controlados por modificações nos níveis de base locais, atreladas a movimentos de ordem tectônica e não a processos autocíclicos.

**Palavras-chave:** Terraços fluviais; neotectônica; fácies; sismito; Cenozóico; depósitos continentais.

**ABSTRACT** - M.L. Etchebehere & A.R. Saad - *Facies and Facies Associations in The Nequaternary Terrace Deposits of The Rio do Peixe Valley, Western São Paulo State, Brazil.* This paper describes the sedimentary facies and related facies association occurring in the terrace deposits of the Rio do Peixe valley, as well as delineates both the paleoenvironmental context and the subsequent geologic evolution. 14 facies were described, including 11 *stricto sensu* sedimentary facies, two seismite-type facies, and one residual (*elluvium*) term. The terrace deposits were assembled in a new informal entity: the Rio do Peixe Alloformation (Nequaternary age). The sedimentary deposits present in the Rio do Peixe valley show a very similar faciological framework, that encompasses sand (massive or cross-stratified), pebble beds, pebbly sand beds, mudstones, argillites, and a mix facies (sand + pebbles + mud in a diamictite fashion). The facies association might be related to the paleoenvironments, as in the I, II, III, and IV Facies Associations, that could be interpreted as follow: Channel (the chief facies association), Overbank floodplain, Natural levees, and Lake. In the meantime, the Facies Associations V (Debris flow) and VI (Seismites) are associated with penecontemporaneous sedimentary process, and the Facies Association VII (Elluvium - that occurs in localized top hills) is related to post-depositional mechanisms. The Channel association is interpreted as deposited in a high energy braided fluvial system with some gradation towards a psamitic meandering system. Palynological data support the scenery of a dry and probably cold, weather with sparse vegetal cover, unable to protect the soil against loss during the episodic rainstorms. The Lake deposits, uncommon in a braided fluvial system, are interpreted as a result of local tectonic obstruction. This hypothesis is reinforced by the presence of the seismite facies (dykes, sills, and sand volcanoes) in the terrace deposits. The diamictite-like facies might represent gravitational *debris flows*, whose occurrences are expected in an unstable tectonic terrain. Elluvium facies probably represents ultimate physical remains of ancient alluvial deposits which were submitted to local tectonic uplift. As interpreted in this paper, neotectonics should be considered as the main controlling factor of the formation, modification, and, perhaps, destruction of the terrace deposits.

**Keywords:** Fluvial terraces; neotectonics; sedimentary facies; seismite; cenozoic; continental deposits.

## INTRODUÇÃO

Depósitos de terraço foram registrados no vale do Rio do Peixe desde a década de 70, sem contudo terem merecido estudos detalhados de suas fácies, das associações decorrentes e dos processos deposicionais e pós-deposicionais que os geraram e/ou os modificaram, e tampouco sobre os condicionantes paleoambientais em que se deram estas transformações. Em recente projeto de doutoramento, tais depósitos foram cartografados e analisados sob a óptica da alostratigrafia (Etchebehere, 2000), sendo realçada a importância dos terraços como resultado de processos neotectônicos, capazes de condicionar sua gênese, preservação e eventual destruição.

O propósito deste artigo, como fruto do referido projeto de pesquisa, é apresentar uma descrição sintética das fácies sedimentares presentes nos depósitos de terraço do Rio do Peixe, bem como das associações de fácies estabelecidas e das decorrentes implicações desses conjuntos em termos de interpretação paleoambiental e de processos neotectônicos para a área. É possível que tais informações possam ser utilizadas em estudos similares nas bacias circunvizinhas dos rios Paranapanema, Aguapeí, Santo Anastácio, entre outros da região ocidental paulista.

A localização da Bacia do Rio do Peixe no Estado de São Paulo consta da Figura 1.

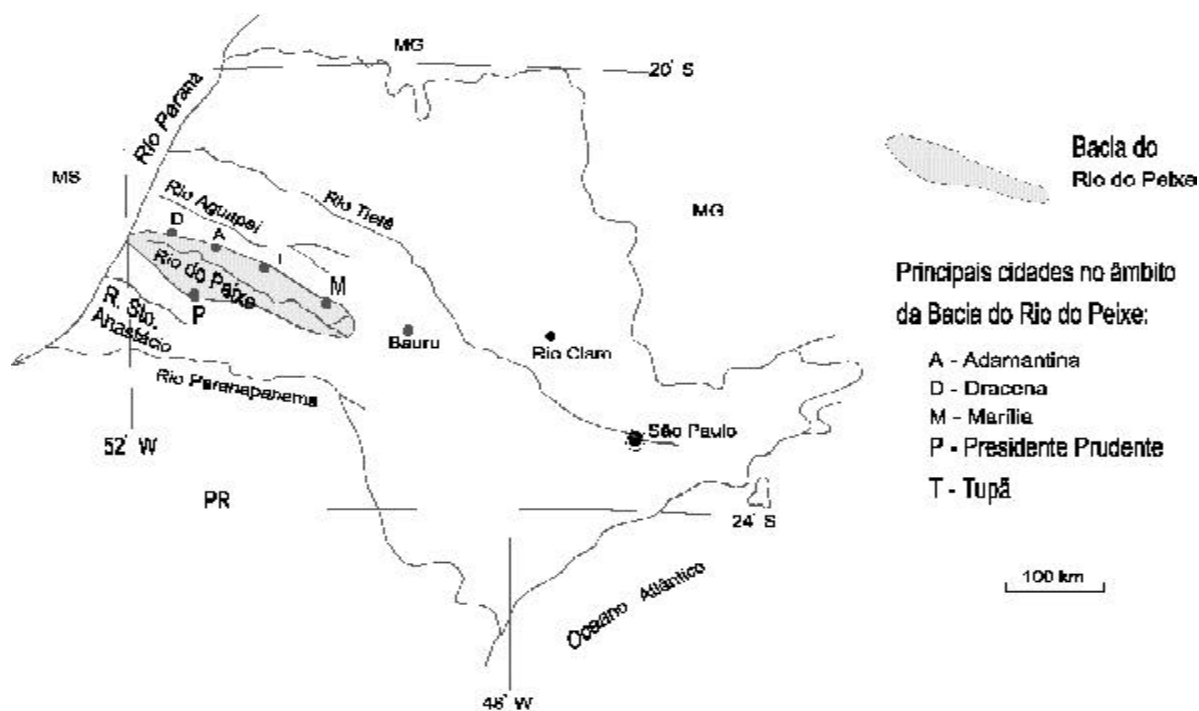


FIGURA 1. Localização da Bacia do Rio do Peixe.

## CONCEITOS BÁSICOS

A apresentação de alguns conceitos faz-se necessária, dada a profusão destes e de suas variantes na literatura especializada, bem como da nomenclatura, especialmente no que se relaciona a ambientes continentais de sedimentação.

Os principais conceitos utilizados neste artigo referem-se a **fácies sedimentar** e a **associação de fácies**. O termo fácies foi introduzido na literatura geológica por Gressly em 1830 (Walker & James, 1992) e, em sua acepção latina, significa face, aspecto,

aparência, forma, característica ou condição; em sedimentologia, tal entendimento poderia ser referido como o conjunto de atributos de uma rocha ou unidade sedimentar, que permitiria sua distinção com relação a outros corpos adjacentes.

A definição de fácies sedimentar aqui escolhida é a de Selley (1982), entendida como uma massa de sedimentos ou rochas sedimentares que pode ser reconhecida e distinguida de outras pela sua geometria, pela composição, pelas estruturas sedimentares, pelo

padrão de paleocorrentes, e pela eventual presença de fósseis (nesse caso, atendo-se ao significado físico destes). Estas características estariam diretamente relacionadas com os processos deposicionais atuantes na construção dos corpos sedimentares (litossomas), cujo entendimento, por sua vez, permitiria conhecer as condições ambientais da sedimentação.

Na opinião de Selley (1982), haveria praticamente um consenso em torno da idéia de que o número de fácies sedimentares seria limitado, repetindo-se com frequência em rochas e sedimentos de diferentes idades em todo o mundo. O mesmo autor salientou, todavia, que fácies sedimentares idênticas não deveriam existir; por outro lado as transições entre os diversos tipos seriam relativamente comuns. É possível que este aspecto tenha contribuído para que surgissem os chamados **modelos de fácies** (cf. Walker & James, 1992), os quais buscariam delinear os atributos mais

importantes (essenciais) das diversas fácies, deixando de lado aspectos aleatórios (fortuitos), e permitindo, assim, que se possa empreender estudos comparativos de fácies, levando à interpretação do ambiente deposicional. Este enfoque fundamenta-se fortemente no princípio do Atualismo, e abre espaço para que a análise de fácies sedimentares em ambientes atuais possibilite a geração de modelos prognósticos para depósitos antigos, conforme salientado por Stevaux (1993).

Uma **associação de fácies**, por sua vez, consiste em um agrupamento de fácies geneticamente relacionadas, cujas características e inter-relações permitem que se possa interpretar o ambiente de sedimentação. Dessa forma, cada fácies dentro da associação representa o registro sedimentar de atuação de um determinado processo deposicional e é nestas circunstâncias que o enfoque analógico implícito no Atualismo adquire maior relevância.

## NOMENCLATURA UTILIZADA

Tem sido bastante comum na literatura geológica mais recente encontrar-se uma terminologia de fácies continentais, especialmente de ambiência fluvial, formalizada por Miall (*e.g.*, 1990, 1996) e que estabelece códigos combinados de letras maiúsculas e minúsculas para designar as principais litofácies verificadas em depósitos antigos ou atuais. Contudo, esta nomenclatura surgiu de estudos de fácies associadas a rios entrelaçados de latitudes temperadas. Dessa forma, torna-se necessário proceder a algumas adaptações para a descrição das litofácies definidas para os depósitos de terraço do Rio do Peixe. Vale ressaltar que até mesmo alguns autores brasileiros

(*e.g.*, Stevaux, 1993; Santos, 1997; Souza, 2000) se valem das próprias siglas de Miall e, quando criam novos códigos, continuam a utilizar as iniciais das palavras em inglês (G, de *gravel*, para fácies conglomeráticas; S, de *sand*, para fácies arenosas etc.). Fernandes (1998) utilizou, inclusive, da mesma sistemática para o estudo de outros ambientes continentais, como o desértico (predomínio de processos eólicos) e o paludal, no estudo e definição dos grupos Caiuá e Bauru. No presente trabalho, optou-se pelo princípio taxionômico de Miall, com as devidas adaptações para as circunstâncias geológicas específicas dos terraços do Rio do Peixe, porém utilizando as siglas dos termos em português.

## PANORAMA GEOLÓGICO DO VALE DOS DEPÓSITOS DE TERRAÇO

Depósitos cenozóicos de terraço foram assinalados no alto vale do Rio do Peixe por Queiroz Neto & Jornaux (1978 a, b). Posteriormente, como fruto de mapeamento geológico em escala 1:100.000 abrangendo a região do baixo vale, foram cartografados dois níveis de terraço (designados T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>), interligados com depósitos similares da margem esquerda do rio Paraná (Themag, 1981 a, b). Etchebere (2000) cartografou os depósitos de terraço no médio e alto vales, correlacionando-os com as unidades anteriormente mapeadas, e tratando-os sob o ponto-de-vista alostratigráfico. Desta última contribuição resultaram cinco principais alomembros (3 no médio e 2 no alto vale), enfeixados na chamada Aloformação Rio do Peixe (Figura 2), de idade neopleistocênica, conforme apurado em três datações por radiocarbono (34-24 ka AP). Artefatos indígenas

encontrados em cascalhos de topo de terraços e espalhados em massas coluvionares que os recobrem possibilitam estabelecer um limite superior de 7.000 anos AP para a Aloformação Rio do Peixe, a prevalecer as informações arqueológicas disponíveis para a ocupação humana desta parte do território paulista (Dra. Ruth Kunzli, comunicação pessoal).

Os depósitos de terraço apresentam espessuras métricas a decamétricas (espessura máxima registrada de 40 m) e podem ser mapeados com relativamente simplicidade por intermédio de fotointerpretação. A propriedade estereoscópica facilita o realce das feições geomórficas desses terraços (quebras de relevo, patamares, texturas diferenciadas etc.), a detecção de fácies pelíticas (faixas escuras, mais úmidas, com menor reflexão espectral) e a marcação das frequentes voço-

rocas, comuns nesse tipo de depósito dada a baixa coesão dos sedimentos que compõem os terraços e a forma desastrosa de ocupação do solo, que induz os processos de erosão acelerada.

As unidades neoquaternárias assentam-se sobre um substrato rochoso cretácico, atribuível aos grupos Bauru e Caiuá (*sensu* Fulfaro & Perinotto, 1996 e

Fulfaro et al., 1999); afloramentos de basalto ocorrem na área do Salto de Quatiara. Os sedimentos de terraço associam-se espacialmente a outros depósitos cenozóicos, incluindo leques aluviais tecnogênicos, colúvios holocênicos, aluviões atuais e mantos regolíticos, estes demarcando antigas superfícies planálticas (Etchebehere, 1996, 1999).

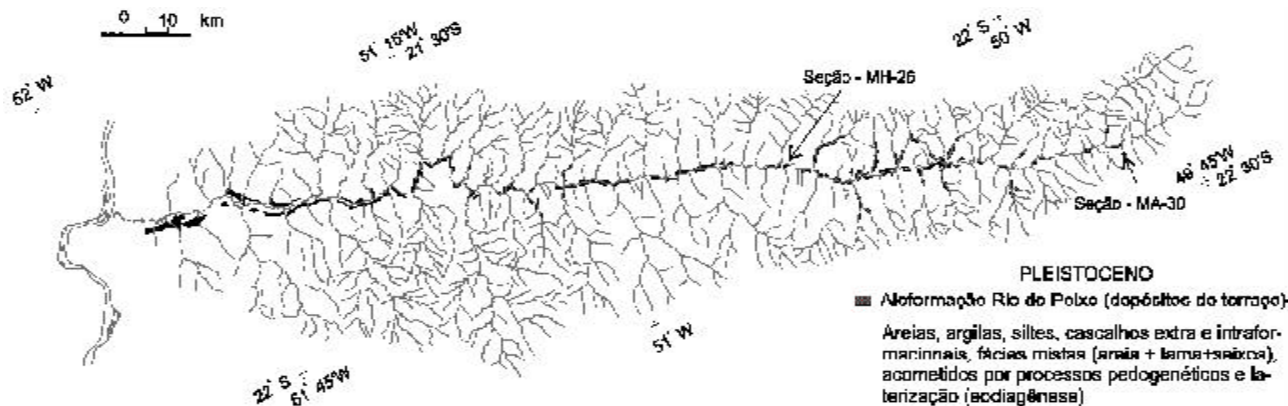


FIGURA 2. Principais ocorrências da Aloformação Rio do Peixe no vale homônimo.

O vale do Rio do Peixe integra o chamado Planalto Ocidental Paulista (Almeida, 1964), província caracterizada por relevo colinoso, com morrotes e escarpas de ocorrência restrita. Destaca-se nesse contexto o chamado Planalto de Marília, feição residual onde se alojam as cabeceiras do Rio do Peixe, representando a superfície cimeira nesta região, chegando a atingir altitudes da ordem de 750 m. A maior parte do vale compreende terrenos dissecados de um pedimento rebaixado, aparecendo no baixo curso

do Rio do Peixe, com maior evidência, áreas de agradação contíguas às planícies aluvionares do rio Paraná. Conforme pode ser observado na Figura 3, os depósitos de terraço estão engastados nas encostas mais rebaixadas, de maior inclinação, topograficamente abaixo de uma ruptura positiva de declive que representa a quebra no nível pedimentar rebaixado. Tal condição constitui evidência de que os terraços não são depósitos correlativos daquela superfície planáltica.

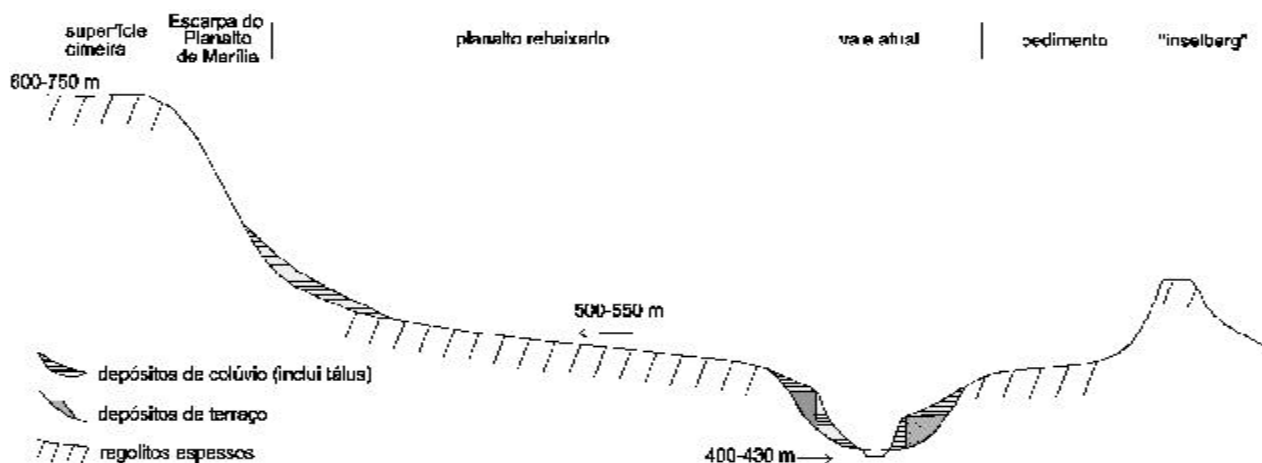


FIGURA 3. Seção geológico-geomorfológica esquemática no alto vale do Rio do Peixe. (Extraído de Etchebehere, 2000).

## FÁCIES

Com base nos afloramentos estudados, foi possível estabelecer 14 fácies, consideradas mais relevantes, as quais, regra geral, têm sido descritas em depósitos de terraço estudados nos vales do rios Paraná e Paranapanema (*e.g.*, IPT, 1992; Stevaux, 1993; Santos, 1997), o que auxilia sobremaneira na análise faciológica e na interpretação paleoambiental. Todavia, as fácies associadas a processos de liquificação podem ser reputadas como inéditas em depósitos de terraço nesta porção do território paulista.

As principais características encontram-se resumidas no Quadro 1, complementadas com as descrições que se seguem nos próximos itens. A designação das fácies identificadas nos depósitos de terraço da área de estudo é feita mediante o emprego de um conjunto de letras maiúsculas e minúsculas, aquelas representando a textura (granulometria) e estas as estruturas sedimentares mais relevantes, típicas da unidade. A combinação de dois ou mais tipos de letras refere-se a sedimentos mistos, sendo as letras posicionadas da esquerda para a direita em termos de importância decrescente (*e.g.*, AC - areia conglomerática, onde a fração granulométrica arenosa predomina sobre a conglomerática; Fml - lamito maciço, com laminação plano-paralela subordinada). A coluna da direita do

Quadro 1 refere-se, por seu turno, a processos ditos “formacionais”, ou seja, abrangem tanto os processos deposicionais propriamente ditos quanto aqueles pós-deposicionais, como os fenômenos de liquificação, que incidiram sobre sedimentos já depositados, transformando-lhes as feições - exceção feita à laterização atual, de caráter virtualmente generalizado.

Algumas fácies apresentam gradações entre si, de aspectos texturais ou estruturais, como, por exemplo, as fácies Amx e Axm, onde a variação se constata no predomínio das estruturas sedimentares, ora predominando as estratificações cruzadas (Axm), ora a estrutura maciça (Amx). Tais variações estão seguramente atreladas a oscilações dos processos deposicionais em termos de energia do fluido transportador e também em termos da disponibilidade e da granulometria predominante das partículas.

Outro ponto a ser destacado refere-se ao grau de litificação, que é baixo (eodiagênese) a inexistente, fazendo com que as fácies, em geral aquelas arenosas, que são muito friáveis, se refiram a sedimentos e não a rochas. Para os materiais mais finos (frações silte, argila ou lama) existe um grau maior de coesão, o que possibilita designá-los já com termos líticos (daí ter-se utilizado os termos argilito, lamito, siltito).

## ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES

Conforme estabelecido na parte introdutória deste artigo, uma associação de fácies consiste em um conjunto faciológico, onde cada unidade individual representa o registro da atuação de um determinado processo de formação, e a soma de todos os processos, com suas características e inter-relações, permite que se delinieie o ambiente de sedimentação.

Dessa forma, foram reconhecidas 7 associações de fácies, numeradas com algarismos romanos, como se pode ver na coluna central do Quadro 2. O correto entendimento do significado destas associações de fácies é vital para que se possa compreender a evolução neoquaternária do vale do Rio do Peixe. Embora configure praticamente um truísmo afirmar que os depósitos de terraço dessa bacia hidrográfica foram erigidos por ação fluvial e processos deposicionais conexos, muitos aspectos relativos às condições ambientais em que esta sedimentação se processou, passando por diversos tipos de subambientes, podem ser discernidos e detalhados mediante a abordagem das associações de fácies.

Estas associações de fácies podem ser enquadradas em três categorias principais, conforme sua

natureza, quais sejam: as **deposicionais *stricto sensu***, as **residuais** e as de caráter **tectono-deposicionais** (que abrangem aquelas de natureza sísmica, oriundas de processos de liquificação e penecontemporâneas à formação dos depósitos aluviais). A categoria “deposicional” é a predominante, abrangendo as associações **I** a **III**. Estas puderam ser interpretadas em termos do ambiente deposicional pretérito, respectivamente **I** (canal fluvial), **II** (dique marginal) e **III** (planície de inundação). As associações **IV** (lago) e **V** (fluxo de detritos) decorrem diretamente da instabilidade tectônica presente na área, a qual seria responsável por bloqueios impostos à rede de drenagens, condicionando o surgimento de lagos por barramento, quer seja por falhas, quer seja por *debris flows*. As outras duas categorias (**VI** e **VII**) representam modificações impostas às fácies deposicionais propriamente ditas e seus significados estão atrelados a fenômenos geológicos penecontemporâneos (caso das fácies de origem sísmica - Associação **VI**) e efetivamente posteriores (elúvios - Associação **VII**), reduzidos em termos volumétricos, mas muito significativos para a compreensão da história evolutiva da área.

**QUADRO 1.** Classificação das fácies. b - brechóide; d - desestruturada; m - maciça; ga - granodecrescência ascendente; l - com laminação plano-paralela; x - com estratificação cruzada.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS (Wentworth, <i>apud</i> Compton, 1976)	ESTRUTURAS SEDIMENTARES (Conybeare & Crook, 1968)	FORMA DOS CORPOS	PROCESSOS FORMACIONAIS
<b>Fácies rudílicas</b>				
Cd	Cascalho	Maciço a desestruturado	Lentes ou mantos de espessuras decimétricas recobrimdo topos de elevações	Concentração eluvionar
Cm	Cascalho sustentado por seixos, eventual matriz arenosa	Maciço, com raros imbricamentos	Lentes com espessuras de até 1,5 m, base plana e topo convexo, dimensões em planta métricas a decamétricas	Fluxos direcionais de alta energia, episódicos, concentrados em canais ou sob a forma de lençóis de escoamento
CAm	Cascalho arenoso (fração > 2 mm maior que 25%) sustentado por matriz arenosa	Maciço, com raros imbricamentos de seixos e tênue acamamento (interfaces irregulares e pobremente delineadas)	Tabular a lenticular, espessuras decimétricas	Fluxos direcionais de média a alta energia, com oscilações de intensidade
CAb	Brecha formada por fragmentos, lascas, ou blocos angulosos de material pelítico, "imersos" em matriz arenosa bem selecionada	Aspecto brechóide, maciço, localmente com alguma orientação dos fragmentos; areia maciça. Localmente podem ser designadas <i>lit-par-lit</i> (lâminas de areia injetadas de permeio em argilito laminado)	Lentes ou bolsões irregulares	Fragmentação localizada de rochas pelíticas por injeções de material liqüefeito
<b>Fácies pelíticas</b>				
Sm	Siltito cinza claro (fração silte entre 0,06 e 0,004 mm)	Siltito cinza claro (fração silte entre 0,06 e 0,004 mm)	Maciço, com abundantes marcas de raízes	Bancos tabulares a cuneiformes
Fm	Argilito cinzento (F de finos - fração argila < 0,004 mm)	Argilito cinzento (F de finos - fração argila < 0,004 mm)	Maciço	Bancos tabulares com espessuras decimétricas
Fl	Argilito cinzento	Argilito cinzento	Laminação plano-paralela proeminente	Bancos tabulares com espessuras decimétricas
Fml	Argilito cinzento	Argilito cinzento	Bancos argilosos mostrando gradações entre porções maciças e porções com laminação plano-paralela	Bancos tabulares, interfaces muito tênues, espessuras métricas
<b>Fácies arenosas</b>				
ACm	Areia cascalhenta creme (fração > 2 mm inferior a 25%)	Maciça, com seixos e grânulos dispersos na massa arenosa	Canais, espessuras até 1,2 m	Deposição rápida a partir de fluxos direcionais canalizados de alta energia
ACxga	Areia cascalhenta creme (fração > 2 mm inferior a 25%)	Estratificação cruzada acausalada, granodecrescência ascendente, base dos estratos geralmente mais rica em seixos e grânulos	Canais, espessuras até 1,2 m, em geral entrecortantes	Fluxos direcionais canalizados contínuos, indicando migração de barras arenosas
Amx	Areia creme-	Maciça a	Canais, espessuras	Fluxos direcionais canalizados,

**QUADRO 2.** Associações de fácies estabelecidas para os depósitos de terraço do vale do Rio do Peixe.

CARACTER DAS FÁCIES	CONJUNTO DE FÁCIES	ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	OBSERVAÇÕES	INTERPRETAÇÃO
Fácies sedimentares deposicionais <i>stricto sensu</i>	ACm - ACxga Atrx + Axm - Cm + CAm	I	Associação predominante, com características de depósito fluvial	SISTEMA FLUVIAL DO TIPO ENRELAÇADO
	Sm	II	Abundantes marcas de raízes	DIQUE MARGINAL
	Fm + Fl	III	Devido ao pequeno porte deve corresponder a preenchimento péltico de canais abandonados na planície aluvionar (raros no sistema fluvial entrelaçado)	PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO
Fácies tectono-sedimentares	Fml	IV	As espessuras métricas e a maior extensão em área desta fácies em comparação com a Associação III indicam a existência de corpos aquosos esmagados perenes	LAGO
	AFCm	V	Instabilidades gravitacionais podem estar ligadas a processos tectônicos	AMBIENTE SUJEITO A FLUXO DE MASSAS
	Am + CAb	VI	Liquefações induzidas por processos tectônicos	SISMITOS EM PÁLEO-ALUVIÕES
Fácies residuais (ou fácies de acumulação eluvionar)	Cd	VII	Concentrações de seixos por processos de natureza eluvionar	TERRENOS SUJEITOS A ERLUVIAÇÃO

A associação de fácies **I** é a que constitui o maior volume dos depósitos, permitindo inferir planícies aluvionares com abundante disponibilidade de carga arenosa e cascalhenta, depositada por processos episódicos de grande energia, que resultaram corpos maciços, por vezes mal selecionados, alternados com fácies de areias com estratificações cruzadas acanaladas e gradação normal. As fácies relacionadas a planícies de inundação (Associação **III**) são subordinadas e tendem a ocupar localmente o espaço de antigos canais, onde é possível ocorrer processos de decantação de material mais fino, dando origem a lentes de argilas ou lamitos com espessuras não superiores à profundidade do canal abandonado. Esta interpretação coaduna-se com as informações palinológicas disponíveis (Etchebehere, 2000), que permitem inferir ambiente de vegetação rasteira, aberta, associada a climas mais secos do que os atuais.

As características resumidas no parágrafo anterior permitem interpretar o ambiente fluvial vigente como sendo do tipo entrelaçado (*braided*), aproximando-se do modelo proposto por Selley (1982), idealizado em termos gráficos na Figura 4. A Associação de fácies **III** representaria, então, o preenchimento de pequenos trechos de canais abandonados por bloqueios locais, decorrentes da própria dinâmica de constituição e modificação da planície fluvial entrelaçada. No caso das antigas planícies aluvionares ("Paleo-Rio do Peixe"), estes canais apresentam pequeno porte, com espessuras máximas da ordem de 1,3 m em seus pontos mais profundos; regra geral eles são de porte decimétrico e se entrecruzam com grande frequência. Uma

outra possibilidade, fundamentada principalmente na ocorrência da Associação **II** - onde se destacam depósitos com formas tabulares a cuneiformes em seção, ricos em marcas de raízes - e também na presença da Associação **III**, seria a interpretação da antiga planície fluvial como representando um modelo do tipo entrelaçado, mas com alguma tendência rumo ao modelo fluvial meandrante psamítico.

A associação de fácies **IV** representa uma situação anômala em um contexto ambiental marcado por calhas aluvionares do tipo entrelaçado, formada sob condições de clima seco, com rios efêmeros. Considerando-se a espessura métrica dos depósitos de argila inclusos nesta associação de fácies, torna-se difícil imaginar que se tratasse apenas de preenchimento de canal, como fora interpretado para as lentes mais delgadas de argila, que se coadunavam, em termos de espessura, com os canais abandonados. Informações mais detalhadas acerca desta associação de fácies, incluindo características mineralógicas das argilas e dados palinológicos, poderão ser encontrados em Etchebehere et al. (neste volume).

Como análogos modernos deste tipo de contexto - lagos condicionados por tectonismo - podem ser citados os casos do lago Saint Francis (Arkansas, USA; analisado por Guccione et al., 1995), do lago Reelfoot (Tennessee, USA, estudado por numerosos autores, dentre os quais Russ, 1982 e Burnett & Schumm, 1983), e, em termos nacionais, o lago Dom Helvécio, associado ao sistema de lagos do alto Rio Doce, estudado por Mello (1997). Uma possibilidade a ser explorada em termos estruturais, refere-se à espessura do lago como um indicador preliminar da alteração vertical do nível

de base, quer seja por rejeito de falhas, quer seja por eventuais *shutter ridges* ou movimentos de massa. No caso das antigas calhas aluvionares da área do Rio

do Peixe, as alterações devem ser de ordem métrica, haja vista a espessura de algumas das fácies lacustres, como ilustrado nas Figuras 5 e 6.

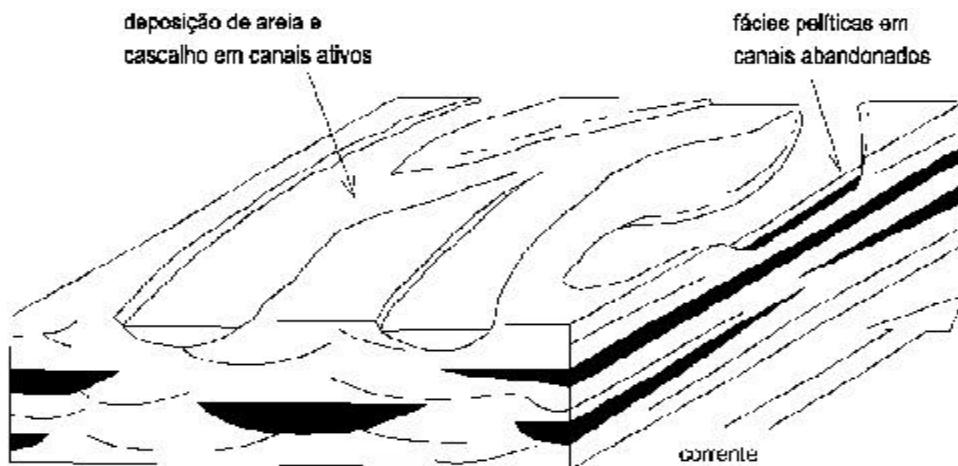


FIGURA 4. Bloco-diagrama idealizado para associação de fácies características de rios entrelaçados (Selley, 1982).

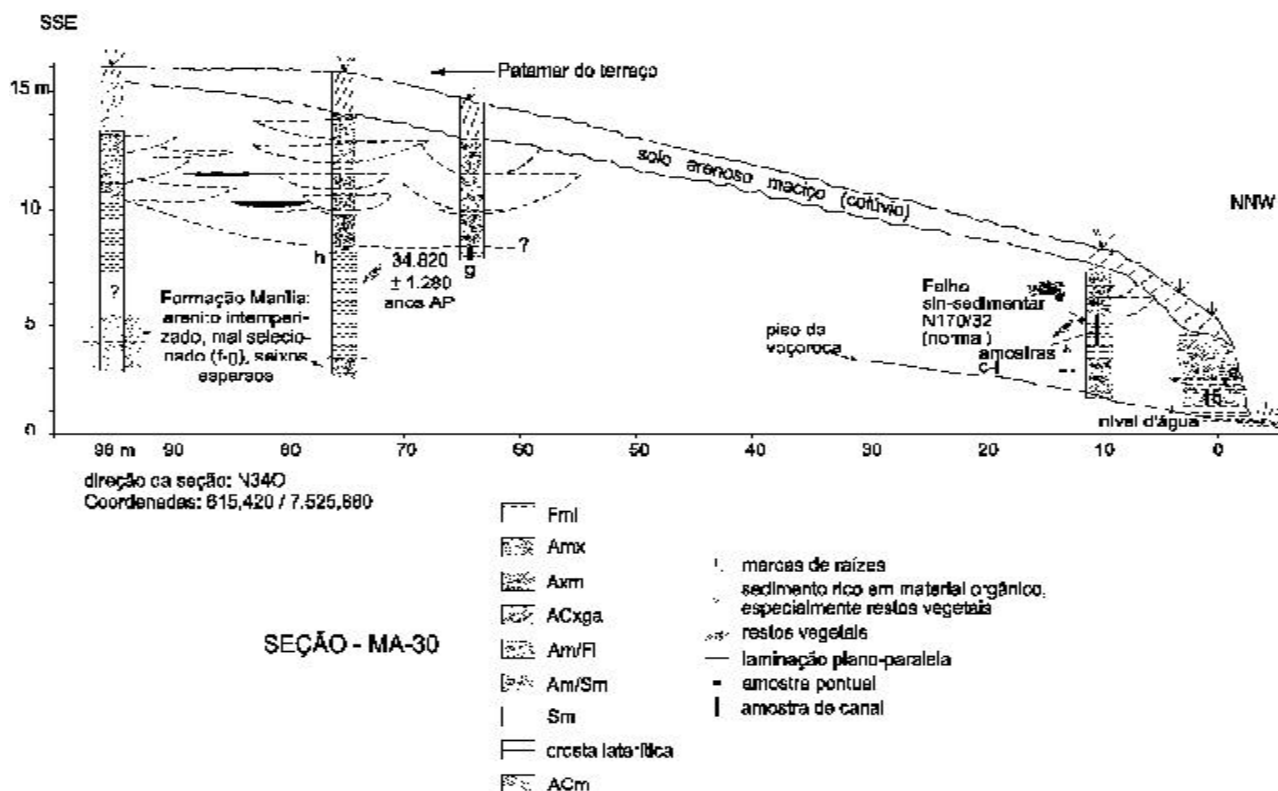


FIGURA 5. Seção geológica do Ponto MA-30.





## QUADRO-SÍNTESE

Três conjuntos maiores de fácies podem ser definidos para os depósitos de terraço da Bacia do Rio do Peixe de acordo com o modo de formação, a saber: as *fácies deposicionais* propriamente ditas, as *fácies residuais* e as *fácies de liquificação* (ou *sísmicas*), cada qual com suas implicações geológicas e paleo-ambientais. As fácies deposicionais *stricto sensu* são comuns aos diversos alomembros cartografados e predominantes em termos volumétricos. As fácies classificadas como residuais referem-se a cascalhos de origem eluvionar, predominantes nos terraços mais elevados e dissecados, onde ocupam, em regra geral, topos de elevações. Podem ser interpretadas como testemunhos da desintegração de antigos depósitos de terraço e até mesmo de porções do substrato cretácico. As fácies referidas como de liquificação, apesar de representarem um volume muito pequeno em comparação com as demais categorias de fácies, correspondem a indícios importantes de atividade sísmica nesta região, uma vez que tendem a ocorrer em condições de sismicidade relativamente elevada, acometendo sedimentos arenosos incoesos, saturados, típicos de planícies aluvionares.

Em resumo, a formação dos depósitos de terraço no vale do Rio do Peixe deu-se em condições de instabilidade tectônica, refletida não apenas em fácies específicas (*sismitos* e *debris flow*), como na própria evolução de geração e desmantelamento dos terraços. Os depósitos sedimentares formaram-se predominantemente em um ambiente fluvial do tipo entrelaçado, sob condições climáticas mais secas e frias do que as atuais. A vegetação predominante era rasteira, com árvores esparsas, configurando um cenário de campos abertos. Sob tais condições, os solos ficavam pouco protegidos ante as episódicas intempéries, o que proporcionou um aumento na carga sólida dos cursos d'água, geralmente de natureza areno-conglomerática, resultando na formação de barras maciças ou com estratificações cruzadas acanaladas e gradação normal, com baixo grau de seleção. As fácies pelíticas seriam pouco espessas, de ocorrência localizada, tendendo a ocupar baixios da planície aluvionar, que deveriam representar canais abandonados. De uma maneira geral, as associações de fácies inclusas na categoria "deposicionais" são encontradas em todos os depósitos

de terraço, não sendo notadas variações significativas de prevalência em determinado nível de terraço. Isso permite interpretar que o ambiente deposicional não deve ter mudado significativamente durante a formação destas diversas planícies aluvionares, e que as separações em diferentes níveis de terraço devem-se a fatores outros que não apenas os de ordem autocíclica.

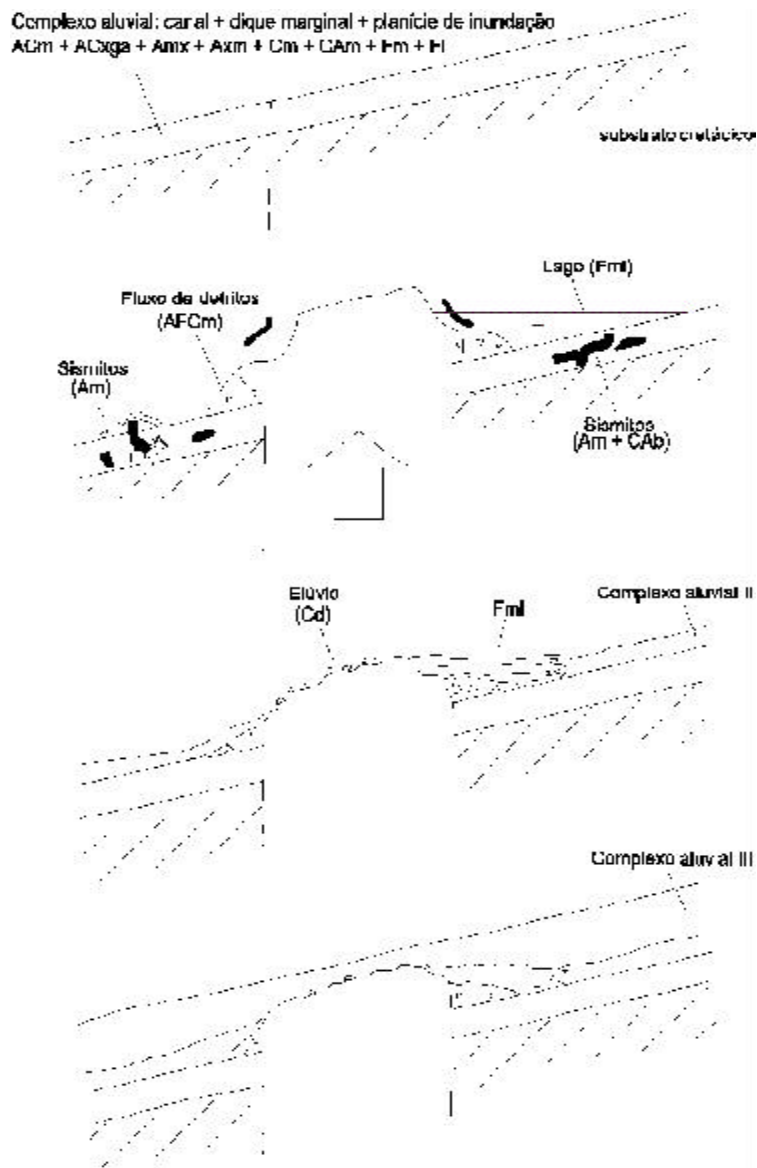
Como um fator anômalo, ocorrem fácies pelíticas de espessuras métricas, aqui interpretadas como lacustres, tendo se formado em partes do vale fluvial barradas por eventos de natureza provavelmente tectônica. Este quadro ambiental teria se desenvolvido desde pelo menos 34 ka AP, até as proximidades do limite Pleistoceno-Holoceno. Todavia, uma extensão ainda maior durante o Neopleistoceno não está descartada.

De acordo com Etchebehere (2000), o desenvolvimento desses terraços foi condicionado por uma tectônica controladora dos níveis de base, o que permite explicar espessuras de até 40 m desses depósitos, que não poderiam ser acumuladas apenas por processos puramente autocíclicos. Os dados cinemáticos obtidos na literatura sobre a região ocidental paulista (Hasui, 1990; Magalhães et al., 1996; Magalhães, 1999; Hasui et al., 1999) apontam para a atuação de movimentações transcorrentes dextrais em extensos feixes de lineamentos EW, o que reflete um regime tectônico interior possivelmente ligado ao deslocamento da Placa Sul-Americana para oeste. Nas áreas interfeixes, como é o caso da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, o elipsóide de tensão tem seu eixo máximo orientado na direção NW-SE, condicionando o aparecimento de estruturas transpressivas e transtensivas, que terminam por controlar a própria dinâmica fluvial na área, bem como a formação e a preservação ou a destruição dos depósitos aluvionares (Etchebehere, *op.cit.*). Esta tectônica tem atuado há pelo menos 34 ka, embora não se possa, ainda, precisar a idade da implantação do quadro vigente de tensões.

Um quadro-síntese está ilustrado na Figura 7, que mostra a influência de um hipotético soerguimento de bloco, condicionando alterações na dinâmica fluvial e incorrendo em um conjunto diversificado de fácies coetâneas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores registram seus agradecimentos a José Alexandre Perinotto pela revisão crítica deste trabalho.



**FIGURA 7.** Representação esquemática das diversas associações de fácies interpretadas para as antigas planícies aluvionares na área de estudos. Extraído de Etchebehere, 2000.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim IGG*, v. 41, p. 169-263, 1964.
- BURNETT, A.W. & SCHUMM, S.A. Alluvial river response to neotectonic deformation in Louisiana and Mississippi. *Science*, v. 222, p. 49-50, 1983.
- COMPTON, R.R. *Manual of field geology*. New York. John Wiley & Sons, 1976, 378 p.
- CONYBEARE, C.E.B. & CROOK, K.A.W. *Manual of Sedimentary Structures*. Camberra. Department of National Development - Bureau of Mineral Resources, Geology, and Geophysics. Bull. n. 102, 1968, 327 p.
- ETCHEBEHERE, M.L.C. & SAAD, A.R. Feições de liquefação no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista - Implicações paleossísmicas. *Geociências*, v. 21, n. 1/2, p. 43-56, 2002.
- ETCHEBEHERE, M.L.C. Neotectônica e sedimentação cenozóica na bacia hidrográfica do Rio do Peixe, banda ocidental do Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 1, 1996, Rio Claro. **Projetos em Andamento...** Rio Claro, IGCE-UNESP, 1996, p. 292-294.
- ETCHEBEHERE, M.L.C. Terraços neocenozóicos no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista: implicações estratigráficas, neotectônicas e econômicas. In: SEMINÁRIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 2, 1999, Rio Claro. **Projetos em Andamento...** Rio Claro, UNESP, 1999, p. 75.
- ETCHEBEHERE, M.L.C. **Terraços neoquaternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas**. Rio Claro, 2000. 2 v. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista.

9. ETCHEBEHERE, M.L.C.; GARCIA, M.J.; BRANDT NETO, M.; ZANARDO, A.; SAAD, A.R. Considerações paleoambientais e econômicas das fácies argilosas em depósitos de terraços no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista. (neste volume).
10. ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; FULFARO, V.J. Neotectônica no vale do Rio do Peixe, SP - Evidências de deformação em sedimentos neocozóicos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 6, 1999, São Pedro. **Boletim de Resumos...** Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1999, p. 94.
11. ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; THOMAZELLA, H.R.; BATEZELLI, A.; FULFARO, V.J. Feições de liquefação em sedimentos cenozóicos no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista: implicações neotectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1998, p. 80.
12. FERNANDES, L.A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. São Paulo, 1998, 232 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
13. FULFARO, V.J. & PERINOTTO, J.A.J. A Bacia Bauru: estado da arte. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, 1996, Águas de São Pedro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1996a, p. 297-303.
14. FULFARO, V.J.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; PERINOTTO, J.A.J.; SAAD, A.R. Bacia Caiuá: uma nova bacia cretácica na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, 1999, Serra Negra. **Boletim...** Serra Negra: UNESP, 1999b, p. 439-442.
15. GABAGLIA, G.P.R. Paleossismicidade e sedimentação no compartimento sul da Bacia do Recôncavo, Bahia. **Boletim Geociências Petrobrás**, v. 5, p. 39-68, 1991.
16. GUCCIONE, M.J.; VAN ARSDALE, R.B.; STAHE, D.; CLEAVELAND, M.K. Origin and age of the St. Francis sunklands using drainage patterns, sedimentology, and dendrochronology. In: NATIONAL EARTHQUAKE HAZARDS REDUCTION PROGRAM ANNUAL PROJECT SUMMARIES, 36, 1995, Menlo Park. **U.S. Geological Survey Open-File Report 95-210**, Menlo Park, USGS, 1995, p. 373-385.
17. HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1, 1990, Belo Horizonte. **Boletim...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, p. 1-31.
18. HASUI, Y.; SENA COSTA, J.B.; BORGES, M.S.; JIMENEZ-RUEDA, J.R.; MORALES, N. Compartimentação neotectônica do lineamento Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS - SNET, 7, 1999, Lençóis. **Atas...** Lençóis: Sociedade Brasileira de Geologia, 1999, Sessão 4, p. 37-39.
19. IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sismotectônica e dinâmica superficial na área do Complexo Hidrelétrico Canoas**. São Paulo, 1992, IPT, Relatório 30.924, 4 v.
20. MAGALHÃES, F.S. **Tensões regionais e locais: casos no território brasileiro e padrão geral**. São Carlos, 1999. 225 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.
21. MAGALHÃES, F.S.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; FULFARO, V.J. Análise estrutural do Grupo Bauru na região do alto Rio do Peixe, Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, 1996, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP, 1996, p. 283-287.
22. MELLO, C.L. 1997. **Sedimentação e tectônica cenozóica no médio vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos**. São Paulo, 1997. 288 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
23. MIALL, A.D. **Principles of sedimentary basin analysis**. New York, Springer-Verlag, 1990, 2<sup>nd</sup> ed., 668 p.
24. MIALL, A.D. **The geology of fluvial deposits**. Berlin, Springer-Verlag, 1996, 582 p.
25. OBERMEIER, S.F. & POND, E.C. Issues in using liquefaction features for paleoseismic analysis. U.S. **Geological Survey Open-File Report 98-28**, 1998, 38 p.
26. OBERMEIER, S.F. Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis - An overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. **Engineering Geology**, v. 44, p. 1-76, 1996.
27. QUEIROZ NETO, J.P. & JORNAUX, A. (Coordenadores). Carta geomorfológica do vale do Rio do Peixe em Marília, SP. **Sedimentary Pedology**, v. 10, p. 1-20, 1978a.
28. QUEIROZ NETO, J.P. & JORNAUX, A. (Coordenadores). Carta de formações superficiais do vale do Rio do Peixe em Marília, SP. **Sedimentary Pedology**, v. 11, p. 1-18, 1978b.
29. RUSS, D.P. Style and significance of surface deformation in the vicinity of New Madrid, Missouri. In: McKEOWN, F.A. & PAKISER, L.C. (Editores) **Investigations of the New Madrid, Missouri, Earthquake Region**. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1236, 1982, p. 95-114.
30. SANTOS, L.S. **Estratigrafia e evolução do sistema siliciclástico do rio Paraná no seu curso superior: ênfase à arquitetura dos depósitos, variação longitudinal das fácies e processos sedimentares**. Porto Alegre, 1997. 2 v. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
31. SELLEY, R.C. **Ancient sedimentary environments**. Ithaca, New York, 2<sup>nd</sup> Ed., Cornell University Press, 1982, 287 p.
32. SOUZA, I.A. **Mudança no canal do rio Paraná durante o Holoceno**. Rio Claro, 2000. 139 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista.
33. STEVAUX, J.C. **O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR)**. São Paulo, 1993. 243 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
34. THEMAG. **Geologia da região limitada pelos paralelos 22° e 23° e meridianos 51° e 52° - Mapeamento geológico sistemático - Bloco 42**. São Paulo: THEMAG, Relatório Final, 1981a, 4 v.
35. THEMAG. **Geologia da região limitada pelos paralelos 21° e 22° e meridianos 51° e 52° - Mapeamento geológico sistemático - Bloco 37**. São Paulo: THEMAG, Relatório Final, 1981b, 4 v.
36. WALKER, R.G. & JAMES, N.P. (Eds.) **Facies models: response to sea level change**. St. John, Newfoundland. Geol. Association Canada, 1992, 409 p.