

ANÁLISE FLUVIOMORFOMÉTRICA DO RIO CORUMBATAÍ (SP) – IMPLICAÇÕES MORFOTECTÔNICAS VINCULADAS À MIGRAÇÃO DE NICKPOINT**STREAM MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE CORUMBATAÍ RIVER (STATE OF SÃO PAULO, SOUTHEASTERN BRAZIL) – MORPHOTECTONIC IMPLICATIONS RELATED TO NICKPOINT MIGRATION**Mario Lincoln De Carlos ETCHEBEHERE¹; Fabio da Costa CASADO²; Norberto MORALES³

RESUMO: Os rios, além de importantes agentes no afeiçoamento do relevo, podem ser considerados elementos fundamentais para a detecção e caracterização de movimentos crustais neotectônicos. Dentre as técnicas de morfometria fluvial, destaca-se o estudo dos perfis longitudinais dos cursos d'água e dos índices RDE (Relação Declividade vs. Extensão). Quando em equilíbrio, os perfis longitudinais exibem, no caso de rios exoréticos de regiões tropicais / subtropicais, conformações logarítmicas. Outras conformações como perfis retilíneos e quebras (*nickpoints*) no perfil podem indicar desequilíbrios de natureza neotectônica. No presente artigo, busca-se apresentar uma contribuição à melhoria da efetividade da análise fluviomorfométrica com base no exemplo do perfil longitudinal do rio Corumbataí. De maneira geral, este perfil apresenta três partes bem características: (1) as cabeceiras mostram uma conformação convexa e podem representar setores onde o stream power desempenha um papel subordinado a outros fenômenos em termos de conformação do vale tais como coluvionamento, *soil creep*, oscilações do lençol freático; (2) após um ponto de inflexão (de convexo para côncavo), o perfil mostra um gradiente topográfico elevado, mas, dada a proximidade das cabeceiras, o canal fluvial apresenta um volume pequeno; e (3) de modo gradual, o perfil diminui o gradiente topográfico e, com o aporte dos tributários, aumenta o caudal. Regra geral, o limite entre os setores 2 e 3 pode ser colocado no ponto onde o rio passa a ter talvegue aluvial, i.e., passa a ter planície de inundação, com formação de depósitos sedimentares e predomínio de processos autocíclicos. Quebras nesse perfil (*nickpoints*) alteram os processos predominantes, geram soleiras temporárias e passam a apresentar incisões (com geração de terraços aluviais) e talwegues rochosos. Na busca da retomada do equilíbrio original, o entalhe prossegue, com migração para montante, e rebaixamento gradual, do *nickpoint*. No caso do rio Corumbataí, esse processo encontra-se muito bem ilustrado pela disposição de um *nickpoint* nas proximidades do paralelo 22°30'S, próximo ao limite nordeste da estrutura de Pitanga, com dissecação da Formação Rio Claro, cujos remanescentes predominam em interflúvios planos adjacentes, representando resquícios de uma antiga superfície pedimentar.

Palavras-chave: Rio Corumbataí. Depressão Periférica Paulista. Neotectônica. Evolução da paisagem. Análise morfotectônica. Morfometria fluvial. Migração remontante de *nickpoint*.

ABSTRACT: Besides their importance as landscape shaping agents, the rivers can be considered key elements in morphotectonic analysis. Among the morphometry techniques, there is the longitudinal stream-profile studies and the SL (slope vs. length) indexes. When in equilibrium state, the tropical or subtropical exorheic rivers exhibit logarithmic profiles, with gradual diminishing of gradient from the headwaters to the mouth. Other profile conformations as rectilinear profiles or slope breaks (*nickpoints*) might indicate imbalances due to neotectonic crustal deformations. In this paper, we aim to present a contribution to the effectiveness of fluvial morphometry as an analytical tool in the morphotectonic approach based on the example provided by longitudinal profile of the Corumbataí River (State of São Paulo, Southeastern Brazil). In general terms, the Corumbataí longitudinal profile presents three main reaches, as follows: (1) the headwaters, characterized by a convex conformation representing a portion where the stream power plays a subordinate role against other phenomena in the valley sculpturing like soil creep, colluviums aprons, piezometric oscillations; (2) after an inflection point (where the river profile changes from convex to concave shape), the river profile shows a high gradient but, given the proximity to the headwaters, the stream has a small volume yet; and (3) in the last reach, the profile gradually reduces the slope and, with the input of the tributaries discharges, the flow rate increases. As a general statement, the boundary between the sectors 2 and 3 can be placed at point where the river valley begins to present expressive alluvium and the thalweg turns alluvial in contrast to the rocky character of the reach 2. Breaks (*nickpoints*) in this profile alter the predominant fluvial processes, with local base level lithic barriers, thalweg incisions and alluvial terrace formation. In order to return to original balance, *nickpoint* goes to upstream migration, with gradual lowering. In the example of the Corumbataí River, this process is well illustrated by the presence of a *nickpoint* near the parallel 22°30'S, northeast border of the Pitanga structural high, with dissection of the Cenozoic Rio Claro Formation, an ancient pediment whose remnants cover the chief interfluves.

Keywords: Corumbataí River. Depressão Periférica Paulista. Neotectonics. Landscape evolution. Morphotectonic analysis. Stream morphometry. *Nickpoint* upstream migration.

1 – Centro de Pós-graduação e Pesquisa – CEPPE; Universidade Guarulhos – UnG; Programa de Mestrado em Análise Geoambiental – MAG; pós-doutorando junto ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE da Universidade Estadual Paulista – UNESP; bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq. E-mail: metchebehere@ung.br

2 – Laboratório de Geociências – LabGeo; Universidade Guarulhos – UnG. E-mail: fcasado@ung.br

3 – Universidade Estadual Paulista – UNESP; Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE; Departamento de Petrologia e Metalogenia – DPM; bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq. E-mail: nmorales@rc.unesp.br

INTRODUÇÃO

Cursos d'água configuram sistemas dinâmicos complexos e, de longa data, têm sido considerados elementos bastante sensíveis a deformações crustais, respondendo de maneira rápida a elas, mesmo nos casos onde tais deformações são de pequena escala e/ou magnitude (e.g., VOLKOV et al., 1967; CARLSTON, 1969; RICHARDS, 1982; SEEBER; GORNITZ, 1983; OUCHI, 1985; PHILLIPS; SCHUMM, 1987; McKEOWN et al., 1988; MERRITS; VINCENT, 1989; MARPLE; TALWANI, 1993; SCHUMM, 1993; WESCOTT, 1993; DEMOULIN, 1998; ETCHEBEHERE; SAAD, 1999; ETCHEBEHERE, 2000; MARTINEZ, 2004; LARUE, 2008; FUJITA et al., 2011). Dessa forma, os parâmetros fluviomorfométricos podem ser úteis a análises de cunho neotectônico, desde que apropriadamente selecionados e medidos.

Hack (1973), estudando rios em uma região temperada úmida dos Estados Unidos, propôs um índice — designado SL – Slope vs. Length —, que permitiria assinalar anomalias geomórficas nos perfis longitudinais das drenagens, que alterariam a concavidade natural e que poderiam representar alterações geológicas importantes nos trechos anormais. Tal índice foi aplicado em análise fluviomorfométrica conduzida na bacia hidrográfica do Rio do Peixe por Etchebehere (2000) que o designou 'Índice RDE – Relação Declividade vs. Extensão' e, juntamente com a análise do próprio perfil longitudinal (envolvendo a detecção de afastamentos mais notáveis das curvas teóricas de melhor ajuste [best fit line] de cada drenagem), auxiliariam na detecção de trechos sujeitos a deformações crustais recentes. Posteriormente, tal abordagem foi aplicada sistematicamente em outras bacias hidrográficas, incluindo contextos geológicos pré-cambrianos (e.g., MARTINEZ, 2004; GUEDES et al., 2006; GUEDES, 2008; MACIEL, 2009; SILVA, 2009; SANTOS; GUEDES; ETCHEBEHERE, 2011; PORTO et al., 2011; FUJITA et al., 2011).

Em todos esses estudos, a análise do perfil longitudinal fiava-se ao adequado estabelecimento da curva de melhor ajuste, processo que se tornava mais complexo quanto maior o porte e a extensão do curso d'água. Tal preocupação já estava presente nos trabalhos pioneiros (e.g., VOLKOV et al., 1967; BJORNBERG, 1969a,b). Alguns autores, como Tanner (1971), chegavam a duvidar que existiria uma única equação capaz de ajustar satisfatoriamente todo o perfil fluvial. Hack (1973) admitiu que o perfil longitudinal de um rio deveria ser representado por um encadeamento de trechos, cada qual com sua própria conformação logarítmica, configurando o que Shepherd (1985) designou 'perfil composto'.

Em estudos efetuados no âmbito do Planalto Ocidental Paulista (e.g., ETCHEBEHERE, 2000; GUEDES, 2008), a aplicação da análise do perfil longitudinal das drenagens para fins de detecção de deformações neotectônicas não levou em conta o rio-tronco das bacias hidrográficas analisadas, limitando-se aos seus tributários. Por sua vez, Silva (2009) e Santos et al. (2011) adotaram a técnica de segmentação dos cursos d'água maiores, tornando a análise regional mais precisa e abrangente do que aquelas efetuadas no âmbito do Planalto Ocidental Paulista. Adicionalmente, entende-se como pertinente a preocupação de se evitar falsas anomalias fluviomorfométricas, decorrentes de uma exagerada simplificação na escolha das curvas de melhor ajuste.

A questão que se apresenta, no caso da compartimentação do perfil longitudinal é justamente, além da escolha de adequadas curvas de melhor ajuste para cada trecho, o próprio estabelecimento de seus limites. Buscando contribuir para essa discussão, apresenta-se, neste trabalho, uma análise fluviomorfométrica do perfil longitudinal do rio Corumbataí, reforçando-a com a retomada do conceito de '*nick-point*'⁽¹⁾ aventado originalmente por Bjornberg (1969a,b) e das implicações morfotectônicas da formação e migração de tais pontos ("quebras") ao longo do perfil fluvial, bem como na própria evolução geomórfica da paisagem.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ

A bacia hidrográfica do rio Corumbataí localiza-se na porção centro-oriental do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°04'46" e 22°41'28" de latitude sul, e os meridianos 47°26'33" e 47°56'15" de longitude oeste, totalizando uma área de aproximadamente 1.700 km². Encontra-se alojada na chamada Depressão Periférica Paulista e corresponde a uma sub-bacia de margem direita do rio Piracicaba (Figura 1). Esta bacia abrange terras dos municípios de Rio Claro, Corumbataí, Ipeúna, Santa Gertrudes, Analândia, Charqueada, Itirapina e Piracicaba.

O rio Corumbataí tem uma extensão da ordem de 148 km, nascendo na cota 860 m e desaguando no rio Piracicaba, a 460 m de altitude aproximada. Conforme pode ser visto na Figura 1, o rio Corumbataí, no seu alto curso, flui no rumo sudeste, apresentando, assim, um caráter obsequente em relação à escarpa que

delimita as cuestas basálticas, limite ocidental da Depressão Periférica Paulista, e depois, nas proximidades da cidade homônima, flete para sudoeste, passando a ter um caráter subsequente.

Sua foz no rio Piracicaba encontra-se próximo à percée do rio Tietê, que representa o rompimento do *front* da escarpa arenítico-basáltica. Neste trecho subsequente, o rio Corumbataí configura notável assimetria na bacia de drenagem, ao se aproximar do seu limite oriental; a sub-bacia do rio Passa Cinco (em sua margem direita), bem como do tributário desta, o Rio da Cabeça, mantêm o caráter obsequente.

O clima da área de estudo é do tipo subtropical, seco no período março-setembro (20% da precipitação anual) e chuvoso no período outubro-fevereiro (80% da precipitação anual), sendo o total precipitado da ordem de 1.390 mm; as temperaturas médias suplantam os 22°C no verão e caem a 17°C no bimestre junho-julho (VALENTI, 2001).

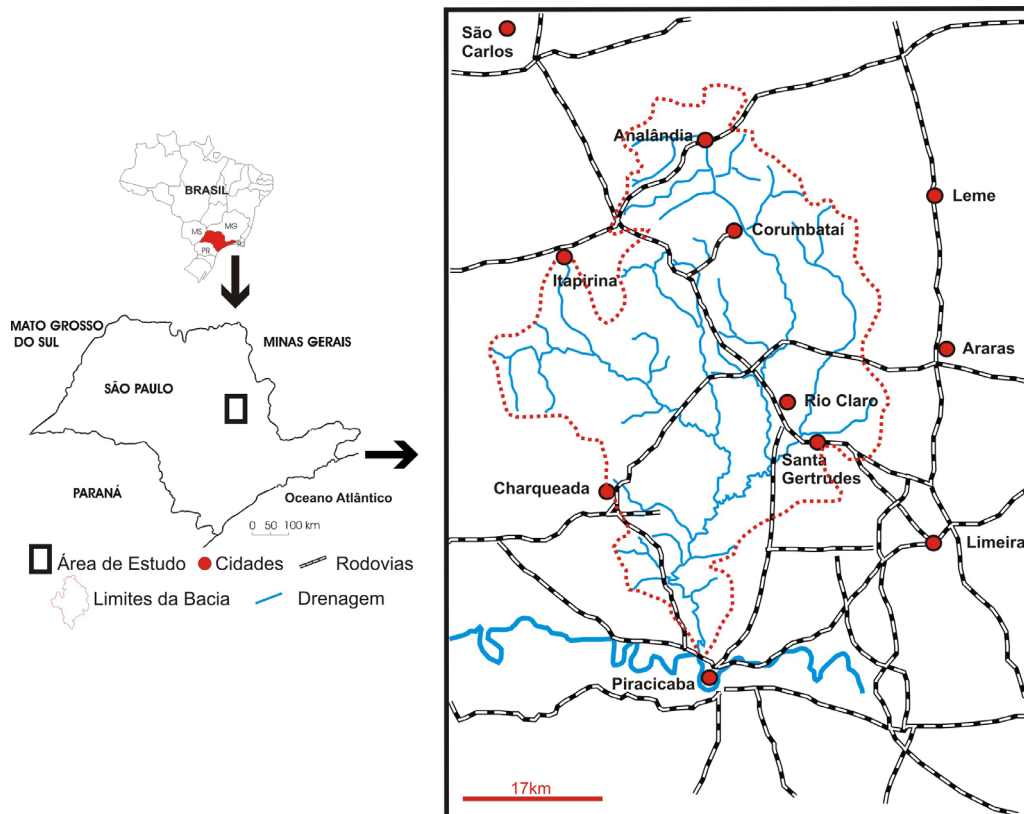


Figura 1: Localização da área de estudo.

Figure 1: Location of the study area.

Os solos predominantes na bacia do rio Corumbataí são os Argissolos (46%), Latossolos (30,14%), Neossolos (22,66%), seguidos pelos Nitossolos, Gleissolos e Chernossolos Podzólicos, em geral muito pobres em nutrientes, tanto pela baixa fertilidade original quanto pelo uso antrópico intenso e inadequado durante décadas (BASILE, 2006). A cobertura vegetal contemporânea inclui pastagens (42,3%), cana-de-açúcar (27,8%), reflorestamentos (5,7%), fragmentos florestais residuais em trechos mais declivosos (11,3%) e cerrado (0,7%), de acordo com Basile (op.cit.).

CONTEXTOS GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

A área ocupada pela bacia do rio Corumbataí abrange rochas da Bacia Sedimentar do Paraná com idades que variam do Permocarbonífero (Grupo Itararé e formações Tatuí, Irati e Corumbataí), passando pelo mesozóico (formações Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e intrusivas básicas), pelo Paleógeno (Formação Itaqueri e depósitos correlatos), Neógeno (Formação Rio Claro e depósitos correlatos) e Quaternário (terraços e aluviões atuais). A distribuição de tais unidades em planta é mostrada na Figura 2; o quadro estratigráfico, por sua vez, acha-se sintetizado na Figura 3 e inclui detalhes de composição litica, ambiência deposicional e espessura aproximada da unidade na área de estudo.

Dentre as unidades cenozóicas, pode ser destacada a Formação Rio Claro, capeando os principais interflúvios na bacia do rio Corumbataí, em especial nas cercanias da cidade de Rio Claro. A caracterização, a interpretação paleoambiental e a idade dessa formação ainda são questões em aberto (q.v. revisão em Perinotto et al., 2006). A Figura 4, dos citados autores, ilustra a interpretação de que a unidade Rio Claro foi depositada como leques aluviais estendendo-se de paleoescarpas no rumo sudeste (delineando um contexto de bajada), o que configuraria um dos primeiros depósitos sedimentares implantados no âmbito da De-

pressão Periférica Paulista. Posteriormente, houve a implantação da atual rede de drenagem, que vem dissecando o antigo sistema de leques aluviais, cujos resquícios ocorrem nos principais interflúvios da bacia do rio Corumbataí. Examinando-se a carta topográfica em escala 1:50.000 de Rio Claro (IBGE, 1969), pode-se estimar, nas proximidades da cidade de Rio Claro, uma diferença topográfica entre o leito do rio Corumbataí e o topo do pedimento que marca os interflúvios entre os rios Passa Cinco e Corumbataí, e entre este e o Ribeirão Claro, da ordem de 100-110 m, o que pode dar uma idéia do grau de incisão dos atuais talwegues.

A borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná no Estado de São Paulo é marcada pela presença de vários altos estruturais, incluindo, no caso da bacia hidrográfica do rio Corumbataí, a Estrutura de Pitanga, que chegou a ser alvo exploratório nas pioneiras tentativas de prospecção petrolífera encetadas em território paulista. Tal estrutura recebeu várias interpretações, como se depreende dos trabalhos de Moraes Rego (1930), Oppenheim e Malamphy (1936), Soares (1974), Fulfaro et al. (1982), Riccomini et al. (1991) e Sousa (1997). Conforme pode ser observado na Figura 2, esta feição estrutural é limitada, em seu flanco ocidental, por um conjunto de falhas normais de direção NS (designado, por Andrade e Soares [1971], de sistema de falhas Rio das Pedras-Piracicaba-Ipeúna), seccionado por falhas de direção N45W (designado pelos mesmos autores de sistema de falhas Passa Cinco-Cabeças). O núcleo da estrutura é ocupado por rochas do Grupo Itararé, flanqueadas por delgadas faixas de afloramentos das formações Tatuí e Irati. Posteriormente, Riccomini et al. (1991) e Riccomini e Vassiliou (1993) caracterizaram movimentos transcorrentes dextrais e sinistrais tanto na borda oeste quanto no interior da estrutura de Pitanga. Sousa (1997) reconheceu pelo menos três fases de desenvolvimento de falhas, a saber: a primeira delas corresponde a falhas normais decorrentes de distensão aproximada EW; a segunda caracteriza-se por

falhas sindeposicionais à Formação Rio Claro, ainda relacionadas à tectônica distensiva; e, por fim, a terceira fase seria marcada por falhas inversas e transcorrentes que deformam a Formação Rio Claro.

Sousa (2002), em sua tese de doutorado, analisou a estrutura de Pitanga em conjunto com os altos estruturais de Artemis, Pau D'Alho e Jibóia, e identificou quatro eventos na história deformacional da área. Desses eventos, o terceiro é representado por falhas normais NE-SW que controlaram a sedimentação da Formação Rio Claro, e o quarto evento, por seu turno, inclui estruturas que deformam tal unidade, incluindo falhas inversas e transcorrentes de direções NE-SW, NW-SE e, secundariamente, NS e EW. Tais falhas, segundo Sousa (op.cit.) denotam regime tectônico transcorrente, associado a binário dextral EW, com falhas transtensionais NW-SE, implantado a partir do Mioceno. Vale ressaltar que diversos autores (e.g., PIRES NETO, 1996; NEVES, 1999; ROSTIROLLA et al., 2000) enfatizam a importância de reativações tectônicas em estruturas antigas na área da Depressão Periférica Paulista.

A bacia hidrográfica do rio Corumbataí encontra-se alojada na Depressão Periférica Paulista, junto às faldas da escarpa das serras de São Pedro e Itaqueri. Predominam, na bacia, relevos colinosos (colinas amplas e médias na classificação de IPT (1981), entremeados a morrotes alongados e espigões, formas residuais do tipo mesa e planícies aluviais. No flanco ocidental, ocorrem as escarpas festonadas que demarcam o limite das cuestas basálticas. A Figura 5 possibilita uma visão panorâmica do relevo, salientada pela função slope shader das imagens SRTM, destacando-se a ocorrência de extensos lineamentos de direções EW, ENE-WSW, NE-SW, NW-SE, NNW-SSE e NS, alguns dos quais estendendo-se até a faixa de ocorrência de rochas pré-cambrianas, no limite oriental da Depressão Periférica.

Pires Neto (1996) detalhou a conforma-

ção do relevo da área que abrange a bacia do rio Corumbataí, diferenciando colinas amplas de topos sub-horizontais, com ou sem cobertura cenozóica, que poderiam ser remanescentes da superfície erosiva neogênica (pediplano); colinas pequenas, colinas dissecadas e morrotes tabuliformes foram interpretados como mais recentes na evolução do relevo, resultando da dissecação da superfície erosiva neogênica. Os relevos de morros e morrotes podem ser condicionados por diabásio ou, em especial nas feições lineares alongadas, escarpas de falhas.

MORFOMETRIA FLUVIAL

Foram utilizados, em termos de morfometria fluvial de interesse à avaliação de eventual atividade tectônica ao longo do perfil do rio Corumbataí, dois principais métodos, quais sejam: (1) estudo dos perfis longitudinais das drenagens; (2) índices RDE (Relação Declividade vs. Extensão). Tais métodos são abaixo descritos de modo sucinto.

Perfis longitudinais de drenagem

Uma das representações mais frequentes de aspectos morfométricos de cursos d'água se refere a perfis longitudinais de rios, plotados em gráficos de coordenadas cartesianas, considerando como variável dependente a altitude dos diversos pontos da drenagem. No eixo das abscissas, costuma-se lançar a extensão do rio, com origem posicionada na cabeceira ou na foz do mesmo. Em geral, esse gráfico mostra curvas de conformação logarítmica, concavidade para cima, e assíntotas longas. Acredita-se que quanto mais equilibrado (*graded*) for o curso d'água, mais ajustado a este tipo de equação será o seu perfil. A esse propósito, a Figura 6 ilustra um perfil longitudinal de drenagem perfeitamente equilibrada, valendo destacar que o referido curso d'água cruza um alto estrutural inativo.

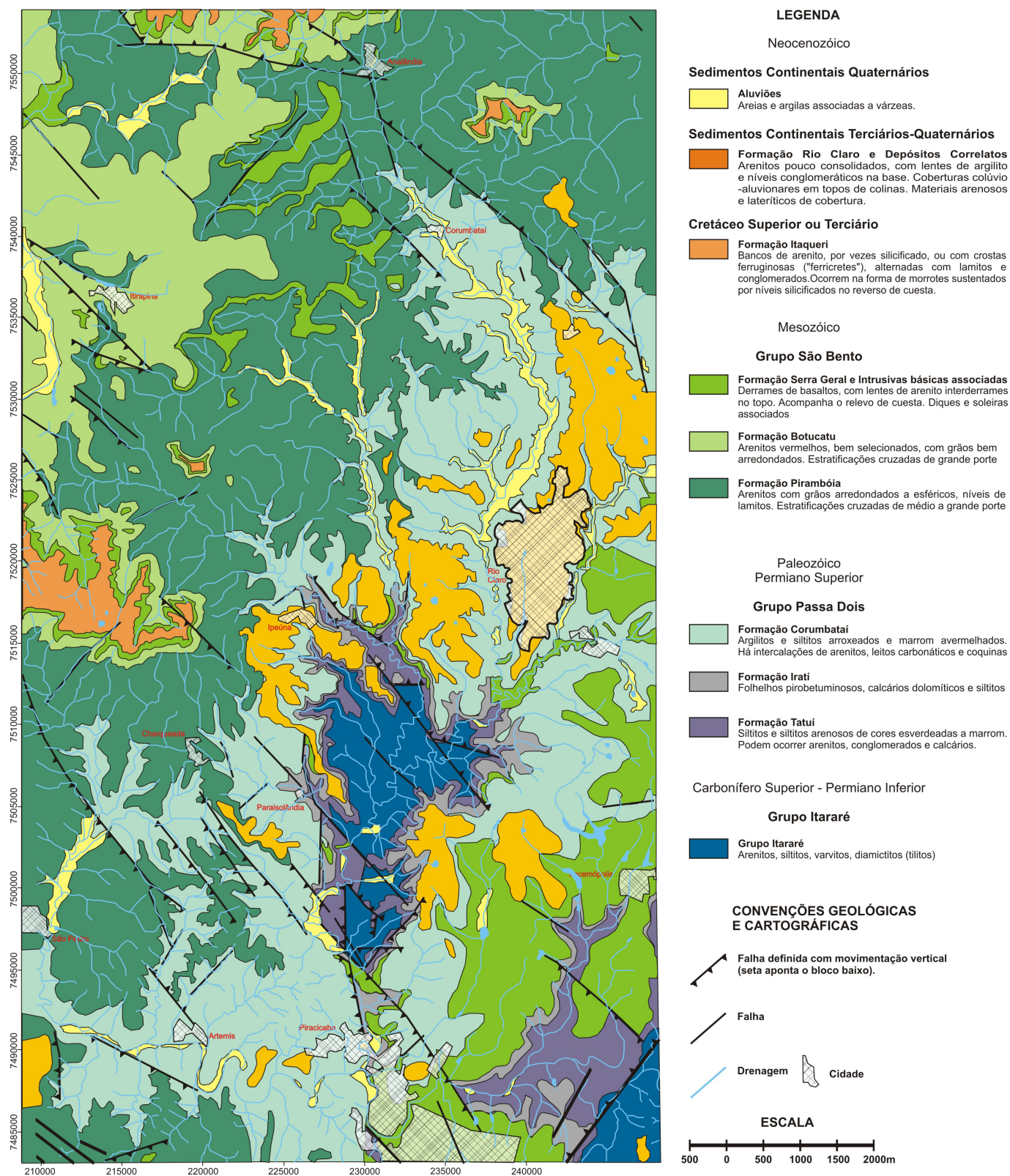
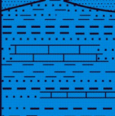


Figura 2: Mapa geológico da área de estudo (cf. MORALES et al., 2008).

Figure 2: Geological map of the study area (after MORALES et al., 2008).

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ NA REGIÃO MAPEADA							
ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espes. Aprox. (metros)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO		RIO CLARO		30	ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS COM LENTES DE ARGILAS E NÍVEIS CONGLOMERÁTICOS NA BASE <i>(Arenitos = reservatório de água subterrânea em poços rasos da região de Rio Claro)</i>	CONTINENTAL: PLANÍCIE ALUVIAL E LACUSTRES. COLUVIÕES
	TERCIÁRIO		ITAQUERI		100	ARENITOS CONGLOMERÁTICOS E ARENITOS SILICIFICADOS / FERRICRETES	CONTINENTAL: LEQUES ALUVIAIS
MESOZÓICA	CRETÁCEO	SÃO BENTO	SERRA GERAL		100	DERRAMES DE BASALTOS COM LENTES DE ARENITO NA BASE. DIQUES E SOLEIRAS DE DIABÁSIO <i>(Basalto e diabásio = matéria-prima para brita)</i>	MAGMATISMO FISSURAL
	JURÁSSICO		BOTUCATU		100	ARENITOS BEM SELECIONADOS COM GRÃOS BEM ARREDONDADOS E BEM ESFÉRICOS, POUCA ARGILA	CONTINENTAL DESÉRTICO
	TRIÁSSICO		PIRAMBÓIA		150	ARENITOS COM GRÃOS ARREDONDADOS E ESFÉRICOS, DIVERSOS NÍVEIS DE LÂMITOS	CONTINENTAL: FLUVIAL E DESÉRTICO
PALEOZÓICA	PERMIANO	PASSA DOIS	CORUMBATAÍ		100	SILTITOS CONTENDO LENTES DE ARENITOS FINOS ARGILITOS, SILTITOS, ARENITOS FINOS, NÍVEIS DE CALCÁRIOS DOLOMÍTICOS E COQUINAS <i>(Argilitos = matéria-prima para a indústria cerâmica da região de Rio Claro)</i>	CONTINENTAL: LACUSTRE MISTO:PLANÍCIE DE MARE
			IRATI		40	FOLHINHOS, SILTITOS, FOLHINHOS PIROBETUMINOSOS, CALCÁRIOS DOLOMÍTICOS <i>(pedreiras de calcário na região de Assistência, Ipeitina e Piracicaba/Saltinho)</i>	MISTO:LAGUNA/PLATAFORMA
		ITARARÉ	TATUI		50	SILTITOS E SILTITOS ARENOSOS	MISTO:PLANÍCIE COSTEIRA/PLATAFORMA
			Grupo ITARARÉ (indiviso no Estado de São Paulo)		900	ARENITOS, SILTITOS, VARVITOS E DIAMICTITOS (ALGUNS VERDADEIROS TILITOS) <i>(Arenitos = reservatórios de água subterrânea em poços profundos da região)</i>	CONTINENTAL: GLACIAL FLUVIAL LACUSTRE MISTO MARINHO (GLÁCIO-MARINHO)
	CARBONÍFERO						
Pré-Cambriano			EMBASAMENTO			GRANITOS, MIGMATITOS, GNAISSES, XISTOS, QUARTZITOS	

Mod. de Soares & Landim (1975)

Figura 3: Quadro estratigráfico da área mapeada (PERINOTTO; ZAINÉ, 2008).

Figure 3: Stratigraphic framework of the mapped area (PERINOTTO; ZAINÉ, 2008).

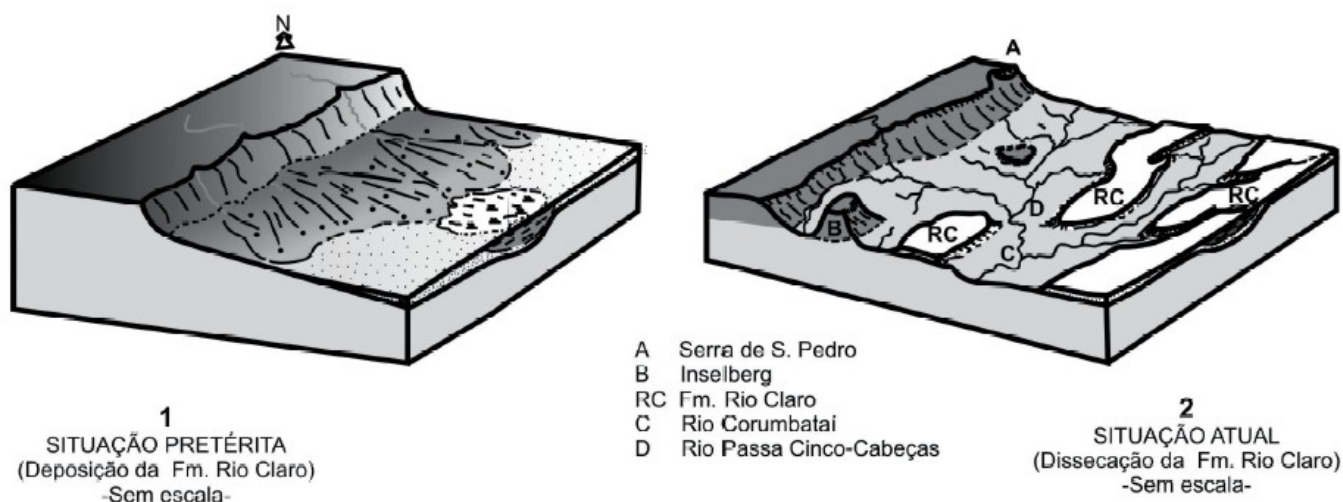


Figura 4: Blocos-diagrama da Formação Rio Claro: A – Deposição da FM. Rio Claro; B – Dissecação da Fm. Rio Claro (PERINOTTO et al., 2006).

Figure 4: Block-diagram of the Rio Claro Formation: A - Deposition of FM. Rio Claro, B - Dissection of Fm. Rio Claro (PERINOTTO et al., 2006).

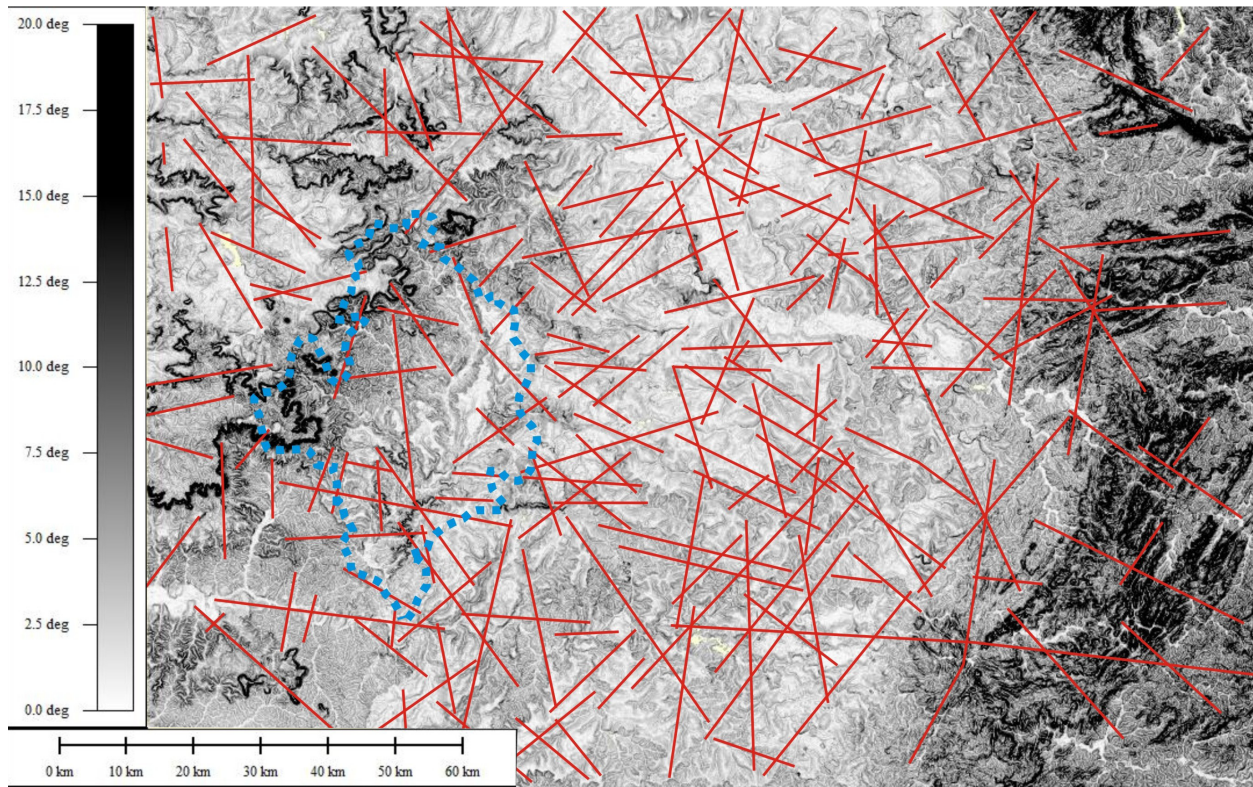


Figura 5: Imagem SRTM com o limite da Bacia do Rio Corumbataí (azul) e dos lineamentos (vermelho).

Figure 5: SRTM image with demarcation of the boundary of Rio Corumbataí Basin (blue) and lineaments (red).

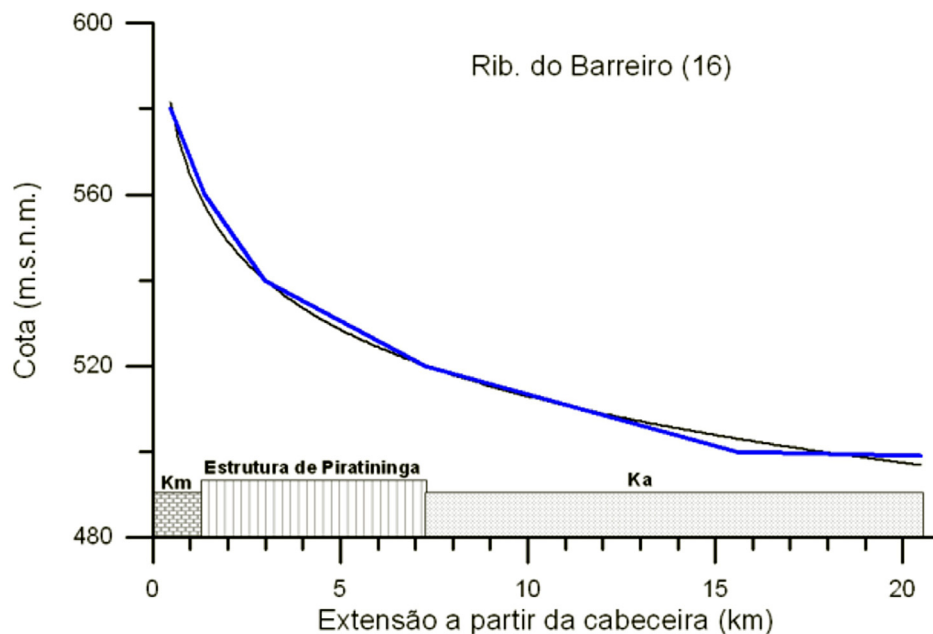


Figura 6: Perfil longitudinal do Córrego do Barreiro (Município de Piratininga, SP), denotando-se uma drenagem bastante equilibrada. Observar que o trecho que corta a Estrutura de Piratininga (alto estrutural) não mostra qualquer anomalia indicando que se trata, efetivamente, de uma feição morfoestrutural, i.e. inativa. Km = Formação Marília; Ka = Formação Adamantina (ambas do Grupo Bauru, Cretáceo Superior da Bacia Sedimentar do Paraná).

Figure 6: Longitudinal profile of Córrego do Barreiro (City of Piratininga, SP), denoting a drain fairly balanced. Note that the stretch that runs through the Piratininga structure (structural high) does not show any anomaly indicating that it is effectively a morphostructural feature, i.e. inactive. Km = Marília Formation, Ka = Adamantina Formation (both of the Bauru Group, Upper Cretaceous of the Paraná Sedimentary Basin).

Vale lembrar que para os propósitos do presente estudo, considera-se que uma determinada drenagem, ou trechos da mesma, poderão ser considerados em equilíbrio quando não se verificar aggradação ou entalhe do talvegue, havendo, tão somente fluxo da carga sedimentar (*bypassing process*).

Conforme enfatizado por McKeown et al. (1988), o formato do perfil longitudinal de um curso d'água que esteja em equilíbrio (*graded*) apresenta a típica forma côncava, que pode ser descrita por uma equação exponencial; qualquer alteração no perfil leva a corrente a se ajustar na busca de um novo equilíbrio, seja erodindo seu próprio leito, seja propiciando aggradação. Curvas com menor concavidade indicariam condições de desequilíbrio. O tempo necessário para que a drenagem readquiria o equilíbrio ou, ao menos, um estágio de quasi-equilibrium não pode ser precisado, embora alguns autores admitam-no como pequeno em termos geológicos (e.g., HACK 1960; LEO-POLD; LANGBEIN 1962). A prevalecer este ponto-de-vista, trechos de drenagem fora de equilíbrio podem ser indicativos de atividade tectônica recente.

Os gráficos que representam os perfis longitudinais das drenagens podem incluir também uma curva de melhor ajuste dos pontos (*best fit line*), auxiliando na determinação dos trechos em equilíbrio e dos trechos anômalos. Afastamentos substanciais da curva de melhor ajuste podem indicar anomalias, que podem ser positivas (indicando a possibilidade de áreas em processo de ascensão) quanto negativas (mostrando trechos em subsidência); mudanças bruscas do talvegue podem ser indicativas da presença de falhas. Para facilitar a análise, pode-se plotar, no "rodapé" de tais gráficos, o substrato geológico onde se insere o talvegue dos curso d'água, tal como ilustrado na Figura 6.

Índices RDE

Os dados morfométricos coletados, basicamente pares de valores (cota - distância da

nascente a cada cota de interesse), receberam tratamento gráfico e estatístico apropriado, sendo posteriormente analisados, na sequência, em confronto com informações fisiográficas e geológicas obtidas na compilação bibliográfica. O índice RDE foi calculado da seguinte forma:

$$RDE = (\Delta H / \Delta L) \cdot L$$

Onde:

- ΔH é a diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um segmento ao longo do curso d'água;
- ΔL é a projeção horizontal da extensão do referido segmento (i.e., $\Delta H / \Delta L$ corresponde ao gradiente da drenagem naquele trecho); e,
- L corresponde ao comprimento total do curso d'água a montante do ponto para o qual o índice RDE está sendo calculado.

O índice RDE pode ser calculado para toda a extensão de um rio ("*whole*" *slope vs. length index*), considerando-se a amplitude altimétrica total, ou seja, a diferença topográfica (em metros) entre a cota da cabeceira e a cota da foz, e o logaritmo natural da extensão total do mesmo, conforme sugerido por McKeown et al. (1988). Os índices RDEs aplicados a segmentos de drenagem têm conotação mais local, voltando-se a análises tectônicas de detalhe (ETCHEBEHERE et al., 2004). Pode-se adiantar, todavia, que até mesmo relações entre índices locais (*RDEtrecho*) e índices de toda a extensão da drenagem (*RDEtotal*) podem ser estabelecidas para se categorizar os valores calculados em classes de interesse à interpretação geológica, tal como procederam Seeber e Gornitz (1983) para análises tectônicas na cordilheira himalaiana.

É importante salientar que os índices RDEs se correlacionam com os níveis de energia da corrente (*stream power*), refletida na capacidade de erodir o substrato e de transportar a carga sedimentar. Conforme destacado por Keller e Pinter (1996, p. 129), esta energia é proporcional à declividade da superfície por

onde flui o curso d'água (o gradiente) e à descarga (volume) do mesmo naquele trecho, este segundo fator sendo considerado diretamente proporcional ao comprimento da drenagem. De certa forma, os índices RDE podem servir como uma estimativa do *stream power*, ainda que estudos adicionais sejam necessários de modo a se diferenciar a energia da corrente resultante em afeiçãoamento do canal fluvial e em transporte de partículas (q.v. discussão em Nanson e Croke, 1992).

Uma última cautela em relação aos índices RDE refere-se aos valores encontrados nas proximidades das cabeceiras de drenagem, que podem se apresentar fora de equilíbrio. Para esses trechos, Hack (1973, p. 427) considera que *"Measurement localities cannot be close to the source of a stream than about 0,5 mi [0,8 km], because close to the divide the channel is not sculptured primarily by kinetic energy of flowing water"*. A esse respeito, MacKeown et al. (1988) informaram que os 5 quilômetros iniciais de um curso d'água poderiam estar fora de equilíbrio, o que se refletiria nos índices para ali calculados. No presente artigo, propõe-se, em contrapartida, que o perfil longitudinal seja primeiramente examinado, de tal forma que, se detectado o trecho convexo antecedendo a porção de maior declividade da corrente (regra geral, côncava), que o segmento inicial seja observado com a devida cautela, eventualmente desconsiderando-se os valores parciais de RDEs.

ANÁLISE FLUVIOMORFOMÉTRICA DO RIO CORUMBATAÍ E DISCUSSÕES

O perfil fluviomorfométrico do rio Corumbataí encontra-se sintetizado na Figura 7, a qual exhibe dois gráficos (A e B). Na ilustração 'A', o gráfico refere-se à razão entre os índices RDE de cada segmento de drenagem (RDEs) e o índice RDE total (RDEt), atribuído a toda a extensão do curso d'água.

Os valores de RDEs maiores que '2' e '10' representam, respectivamente, os limites para anomalias de 2ª e de 1ª ordens.

A anomalia mais elevada situa-se próximo às cabeceiras, região onde a importância do *stream power* como elemento fundamental para a incisão do talvegue deve ser relativizada, tendo em conta a influência acentuada de outros fatores geológicos, tais como o rastejo do solo (*soil creep*), o coluvionamento e as oscilações do lençol freático. A anomalia de RDE mais expressiva é aquela delineada entre os quilômetros '95' e '116'⁽²⁾, muito provavelmente condicionada pela presença de *nickpoint*.

Deve ser destacado que a relação RDEs/RDEt anômala aumenta bruscamente no início do trecho anômalo e depois diminui gradualmente para jusante, configurando um padrão claramente assimétrico na distribuição do *stream power*.

Abaixo da anomalia, os valores de RDE tendem a ficar mais homogêneos, ao redor de 1,5. Por sua vez, o gráfico 'B' constitui o próprio perfil longitudinal do rio Corumbataí, acrescido da linha de melhor ajuste (*best fit line*) para toda a extensão da drenagem.

Neste caso, três principais anomalias morfométricas são delineadas, quais sejam, da cabeceira para a foz:

- 1 - trecho positivo (acima da linha de melhor ajuste) entre os quilômetros 2,5 e 15 aproximadamente;
- 2 - *nickpoint* expressivo próximo ao quilômetro 95, marcando uma ruptura brusca de declividade do talvegue; e
- 3 - trecho negativo (abaixo da linha de melhor ajuste), das proximidades do *nickpoint* à foz do rio Corumbataí.

A anomalia '1' poderia ser interpretada como um trecho em ascensão do talvegue (soerguimento tectônico); o *nickpoint* representaria a presença de uma soleira no canal, condicionada pela presença de rochas mais resistentes à erosão e/ou por exposição tectônica (ocorrência de falhas transversais ao canal fluvial); a anomalia '3', por seu turno, configuraria um longo trecho subsidente, chegando, na região da foz, a superar 30 m de desnível.

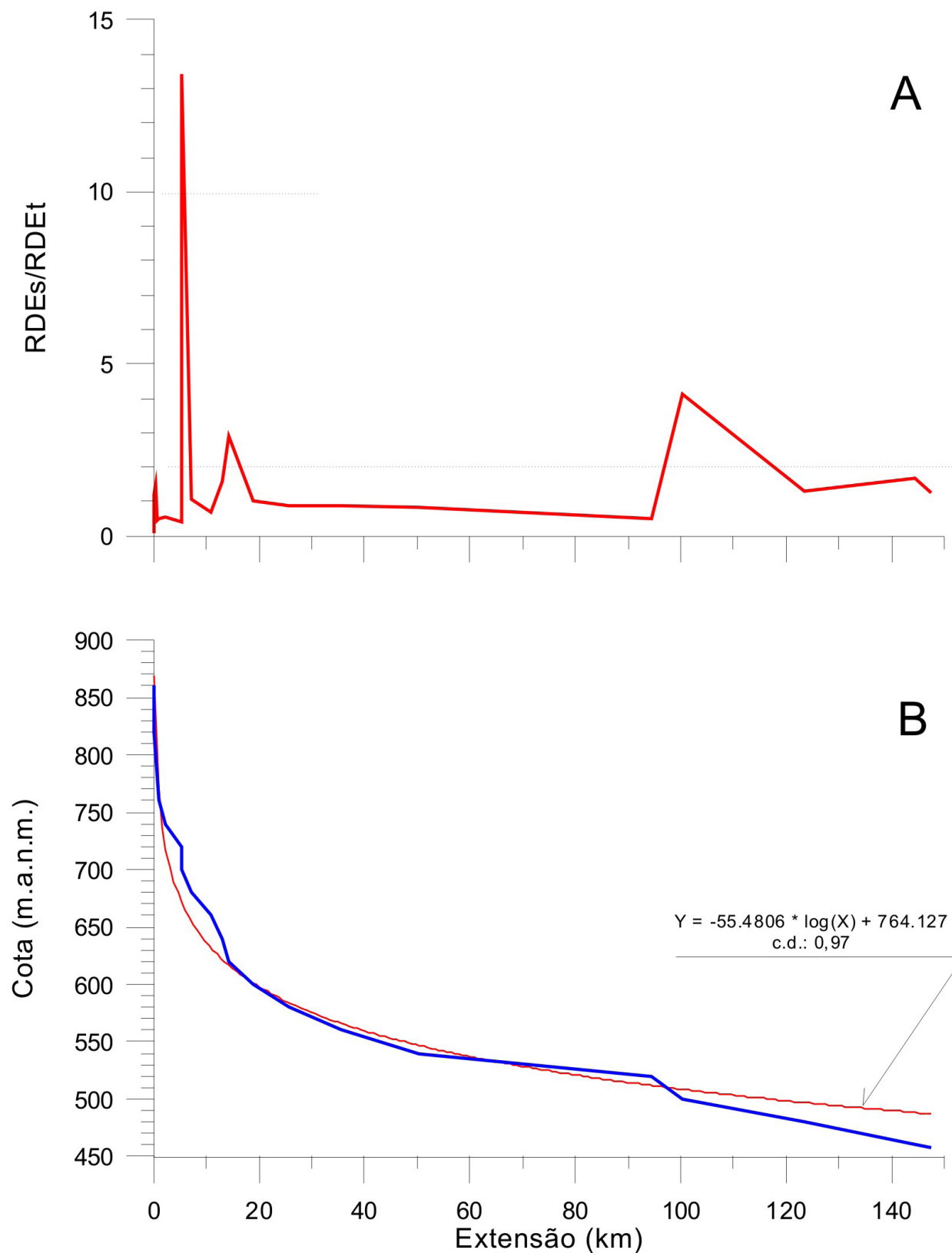


Figura 7: Perfil longitudinal do Rio Corumbataí. Em “A”, distribuição de índices RDEs/RDEt; em “B”, o perfil do canal e a curva de melhor ajuste (Best Fit Line).

Figure 7: Longitudinal profile of Corumbataí River. In “A” distribution rates RDEs / RDEt; in “B”, the channel profile and the Best Fit Line.

Embora o coeficiente de determinação dessa curva de melhor ajuste seja elevado (97%), algumas cautelas devem ser tomadas de maneira a se evitar valores anômalos exagerados ou, até mesmo, falsas anomalias, de preferência com o melhor aporte possível de dados geológicos para a interpretação. Tendo-se em conta os cuidados delineados no item anterior e o porte do rio Corumbataí, podem ser feitas as seguintes considerações.

O perfil longitudinal do rio Corumbataí é novamente mostrado na Figura 8, que inclui as subdivisões em trechos, adotada em conformidade com a proposta deste artigo, com as respectivas equações logarítmicas de melhor ajuste e os respectivos coeficientes de determinação ($\geq 96\%$). Denota-se a presença de um expressivo *nickpoint* no km 94, separando dois trechos, os quais exibem, individualmente, uma conformidade logarítmica bem caracterizada. No geral, os trechos determinados em todo o perfil foram os seguintes:

Trecho 1: Corresponde aos primeiros 12 km de extensão registrados junto à cabeceira de drenagem, entre as cotas 860 e 640 m. Trata-se da região mais íngreme e, para facilidade de observação, inseriu-se na Figura 8, a representação do trecho com a extensão em escala logarítmica. Nessa opção, o perfil aproxima-se de uma reta, ainda que delimite pelos menos três anomalias (2 negativas: [1] [3], configurando um *nickpoint* no quilômetro 5,5 aproximado). Talvez a presença do *nickpoint* pudesse representar uma subdivisão adicional do Trecho 1, mas a proximidade das cabeceiras enseja assinalar uma diminuição da influência do *stream power* na esculturação do relevo e uma ampliação da influência de outros fatores-condicionantes da evolução geomorfológica, tais como o rastejo (*soil creep*), a presença de coluvionamentos, e as oscilações sazonais do lençol freático. Assim, para os propósitos deste artigo, optou-se por considerá-lo um trecho único. No box, foram lançadas, além da *best fit line*, duas retas auxiliares que demarcam os afastamentos de 10 m tanto para cima (possível ascendên-

cia do trecho) quanto para baixo (subsidência). É possível que a anomalia [3] indique apenas uma imprecisão no estabelecimento do início do Trecho 2;

Trecho 2: Estende-se do km 12 até, aproximadamente, o km 94 (entre as cotas 640 e 520), representando o trecho mais extenso (55% de todo o rio Corumbataí), que mostra-se relativamente equilibrado, excetuando-se as proximidades do *nickpoint*, nos seus 2 ou 3 km finais, que se mostram relativamente soerguidos; e

Trecho 3: O trecho mais a jusante representa cerca de 36% de toda a extensão do rio Corumbataí e mostra-se bastante equilibrado, sem apresentar anomalias expressivas, salvo uma declividade mais acentuada nos 4 ou 5 km imediatamente a jusante no *nickpoint*. Existe a possibilidade de que o elemento tectônico que pode ter dado origem ao *nickpoint* situe-se nesse trecho de maior declividade. A ocorrência de expressivos lineamentos WNW próximos à confluência do rio Passa Cinco com o Corumbataí pode indicar a presença de falhas, reforçando a possibilidade de o elemento tectônico ser o causador da formação do *nickpoint*. Outra possibilidade seria a movimentação recorrente de falhas N45W. No trecho de maior declividade, à jusante do *nickpoint*, o rio Corumbataí flui sobre fundo rochoso, indicando que a drenagem busca restabelecer o antigo perfil de equilíbrio. Nesse processo, há um recuo gradual do *nickpoint*, que deverá continuar rio-acima até que o equilíbrio seja alcançado. A Figura 9 ilustra tal processo, sob a forma de blocos-diagrama que representam uma situação próxima à do trecho 3, partindo de uma situação equilibrada, com talvegue aluvial, rompida por um elemento tectônico (falha) que dá origem ao *nickpoint*; na sequência, há o entalhe do talvegue em rocha e eventual formação de terraços aluviais nas ombreiras do vale. Sucede-se a migração, rumo montante, do *nickpoint* até que o equilíbrio do perfil volte a ser alcançado, retornando a uma situação

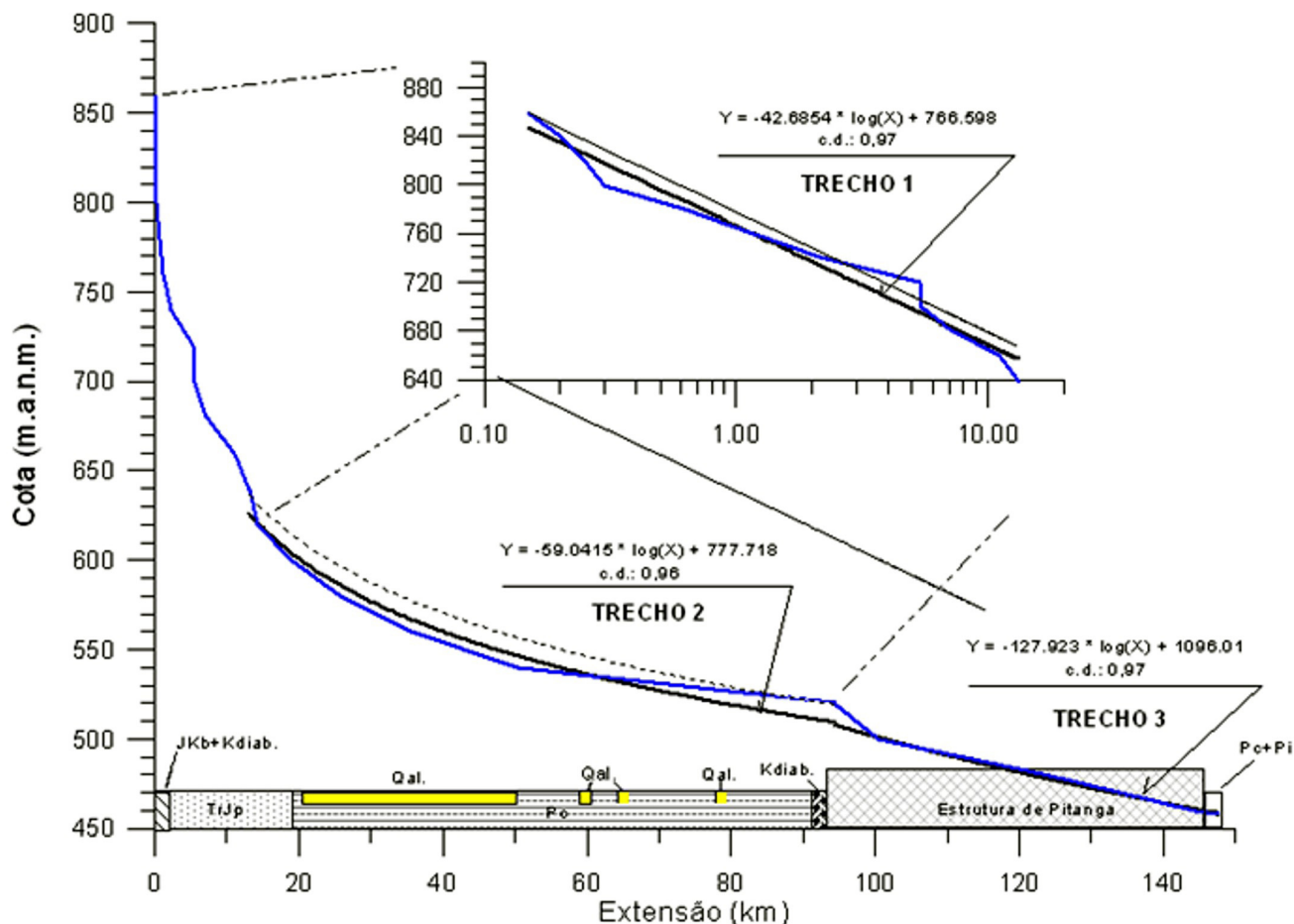


Figura 8: Perfil longitudinal do Rio Corumbataí, com destaque para os três principais trechos, cada qual representado por uma equação específica de melhor ajuste. No rodapé, acham-se dispostas as unidades estratigráficas sulcadas pelo canal onde: Qa (depósitos aluvionares quaternários), JKb (Formação Botucatu, Jurássico-Cretáceo), Kdiab (intrusões de Diabásio, Cretáceo Inferior), TrJp (Formação Pirambóia, Triássico-Jurássico), Pc (Formação Corumbataí, Permiano), Pi (Grupo Itararé, Permiano). O detalhamento estratigráfico no âmbito da Estrutura de Pitanga não é possível na escala do perfil.

Figure 8: Longitudinal profile of Corumbataí River, with emphasis on the three main parts, each represented by a specific equation of best fit. The stratigraphic units grooved channel where: Qa (Quaternary alluvial deposits), JKb (Botucatu Formation, Jurassic-Cretaceous), Kdiab (diabase intrusions, Lower Cretaceous), TrJp (Pirambóia Formation, Triassic-Jurassic), Pc (Corumbataí Formation, Permian), Pi (Itararé Group, Permian). The detailed stratigraphic framework of the Pitanga structure is not possible on the scale of the profile.

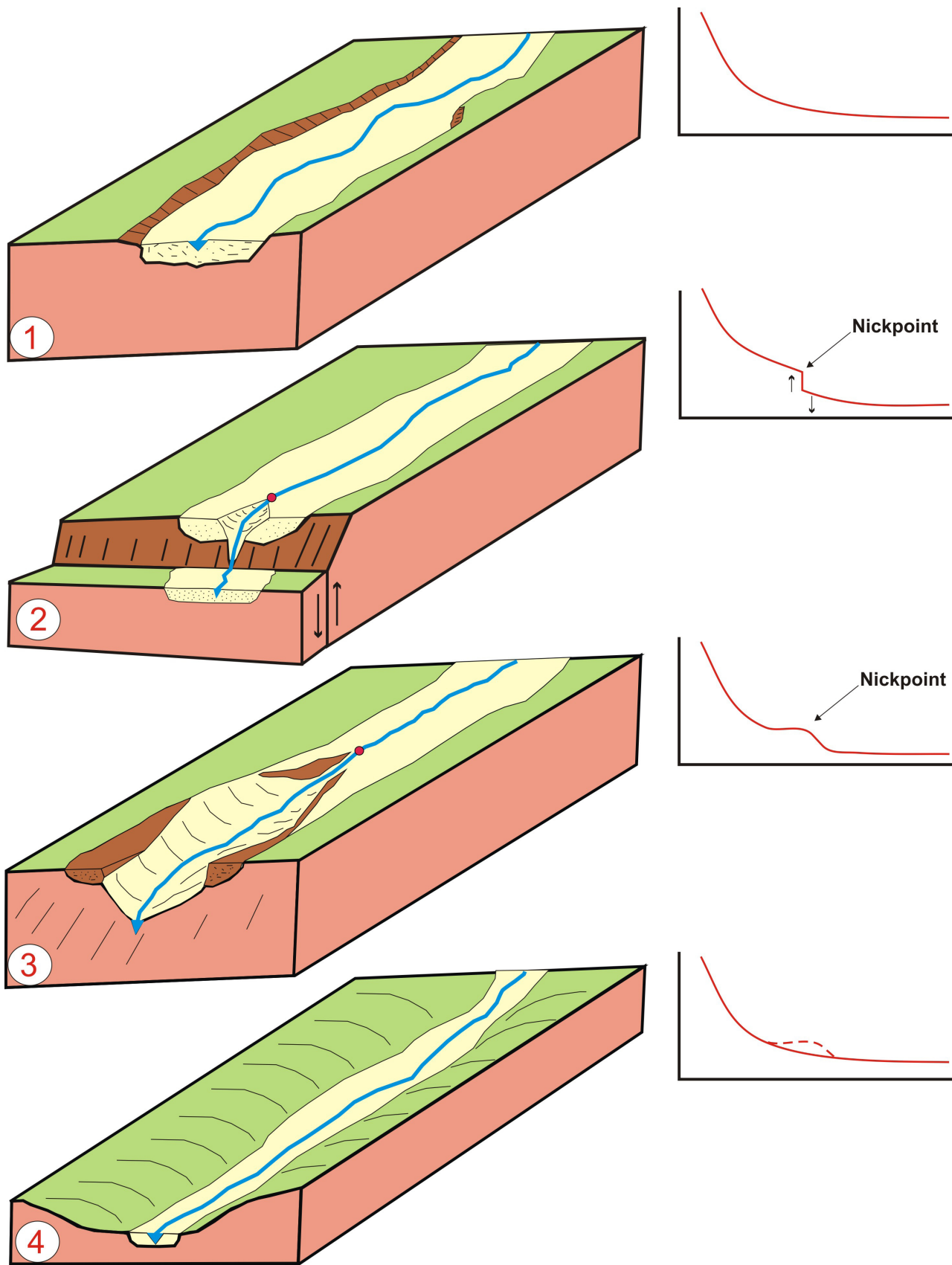


Figura 9: Blocos-diagrama ilustrando a evolução da paisagem da Bacia do Rio Corumbataí.

Figure 9: Block-diagram illustrating the evolution of the landscape in the Corumbataí River Basin.

Entende-se que, no avanço de entalhe do talvegue, rochas de diferentes graus de resistência e tenacidade ensejarão, em primeira instância, processos de erosão diferencial, os quais, contudo, tenderão a um gradiente menos heterogêneo com a aproximação do perfil de equilíbrio da drenagem. No caso do rio Corumbataí, embora as intrusões de diabásio possam condicionar saltos e corredeiras nos trechos em desequilíbrio, interpreta-se que o fator tectônico esteja presente pois existem outros trechos onde esse curso d'água flui sobre corpos de diabásio sem alterações no perfil ou formação de saltos ou corredeiras.

Embora o presente artigo esteja focado na conformação do perfil longitudinal do rio Corumbataí, uma última palavra sobre a evolução tridimensional do vale pode ser aqui colocada.

Em termos gráficos, a Figura 10 ilustra a situação acima descrita e mostra os estilos de perfis transversais de vale ao longo dos diferentes trechos de um curso d'água que passa pelo ciclo de equilíbrio – formação de *nickpoint* – migração da quebra no rumo montante – nova situação equilibrada.

Junto às cabeceiras, nos trechos de maior declividade, o perfil transversal é o de vales em “V”, com talvegue rochoso (situação “A”); com a diminuição do gradiente, o perfil do vale passa a incluir um fundo chato, coberto por depósitos aluviais (talvegue aluvial⁽³⁾), onde predominam os processos autocíclicos do sistema fluvial.

No trecho final, o vale se torna cada vez mais amplo, com planícies aluviais bem desenvolvidas; os interflúvios são igualmente amplos, com baixa amplitude topográfica em relação aos talvegues (situação “A”).

Nos trechos onde surgem desequilíbrios em consequências de movimentos tectônicos, a formação de *nickpoints* provoca alterações nos perfis transversais, que poderão se configurar sob a forma de vales incisivos, com rompimento do antigo perfil sua-

vizado e, eventualmente, formação de terraços aluviais nas encostas (situação “B”).

Com a migração rio-acima do *nickpoint*, o vale tem o seu fundo gradualmente ampliado, voltando a comportar aluviões (situação “C”), e, de modo lento, perdendo o caráter incisivo, com a eliminação de quebras positivas (rupturas de declividade) nas encostas.

Finalmente, há o desaparecimento do *nickpoint* e o perfil volta a apresentar a conformação de equilíbrio (situação “D”).

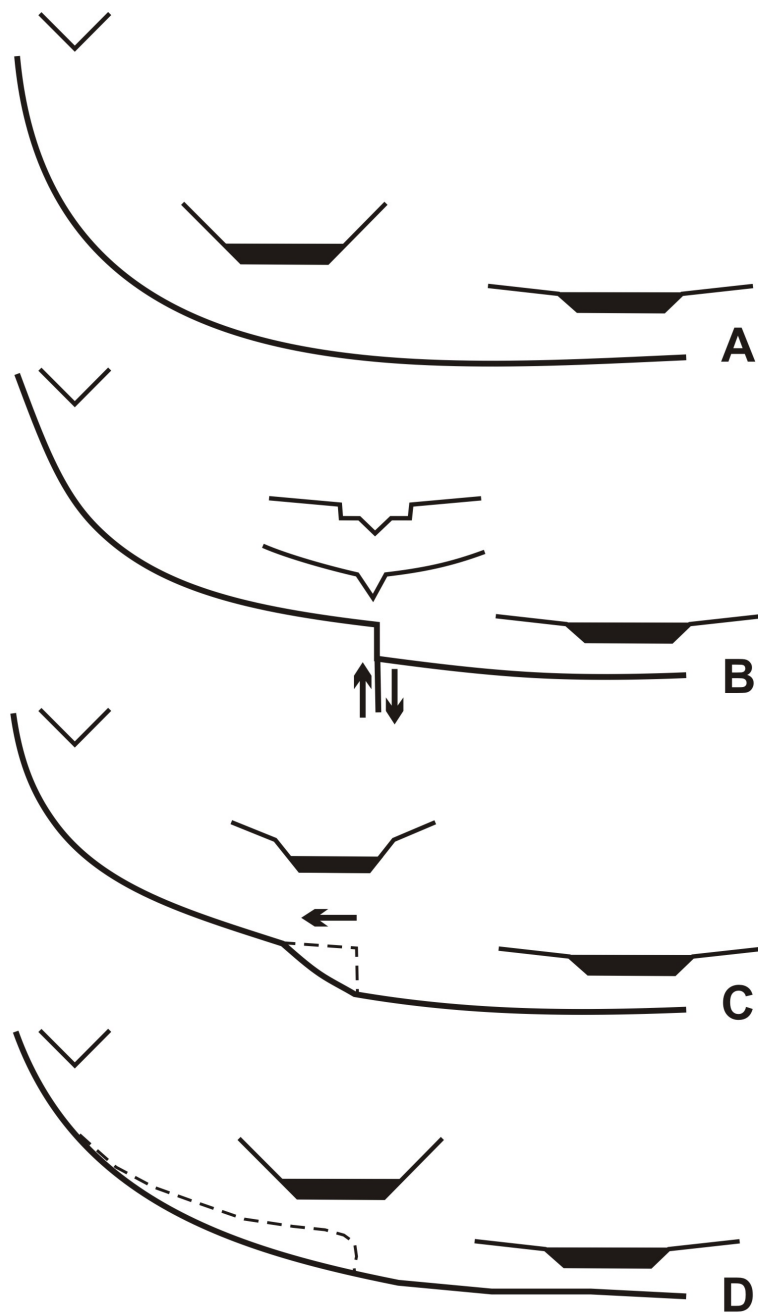
Como se trata de um processo dinâmico, alterações de níveis de base intermediários, decorrentes de novas deformações tectônicas, podem acarretar processos sucessivos de alteração de declividade, de natureza de talvegue e de morfologia de encostas. Tais processos podem se superpor, ampliando a complexidade do quadro transitório.

A interação com afluentes poderá levar a uma diminuição das amplitudes altimétricas, com suavização dos interflúvios e, em última instância, a geração de um novo pedimento, tal como delineado no bloco-diagrama 4 da Figura 9.

Nesse caso, a dinâmica fluvial pode levar a afeiçoamentos da paisagem que independam de fatores eminentemente climáticos, salvo a caracterização de condições úmidas e quentes, típicas de regiões tropicais-subtropicais como as que predominam no Estado de São Paulo atualmente.

O atrelamento dos *nickpoints* a processos tectônicos enseja sua utilização como alertas de deformações crustais, validando-os como indicadores fluviomorfométricos úteis em análises morfotectônicas.

O entendimento do papel dessas quebras na conformação da paisagem, em especial no rebaixamento e/ou alongamento do perfil longitudinal demanda estudos, em especial aqueles relativos a capturas de drenagem e a processos morfoclimáticos.



PERFIS TRANSVERSAIS

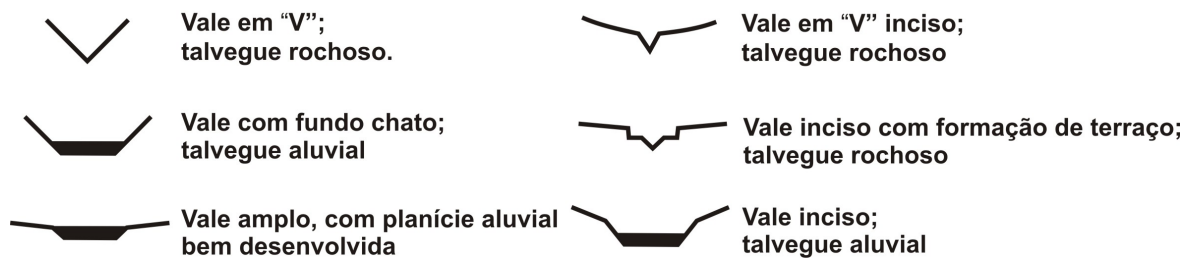


Figura 10: Seções transversais da Bacia do Rio Corumbataí.

Figure 10: Cross sections of the Corumbataí River Basin.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rio Corumbataí representa um exemplo bastante didático de curso d'água tropical-subtropical para a aplicação de técnicas de análise fluviomorfométrica, mostrando, ao longo de sua extensão, conformações que o caracterizam como uma drenagem complexa. Neste caso, o perfil longitudinal não poderia ser representado por uma única equação, tendo em conta a presença de dois elementos importantes em termos de dinâmica fluvial: (a) a ocorrência de um expressivo *nick-point* na altura do km 95 (medido a partir de sua nascente) e (b) a existência de um trecho de perfil convexo em sua cabeceira.

O *nickpoint* demanda que se separe o perfil do rio Corumbataí em duas porções distintas, para as quais é mais conveniente, em termos de análise fluviomorfométrica, adotar equações logarítmicas distintas, tal como se procedeu neste artigo. No trecho imediatamente a jusante desse *nickpoint* ocorrem saltos e corredeiras propiciados pelo afloramento, no talvegue, de uma intrusão de diabásio. Embora seja efetivamente uma rocha mais resistente ao entalhe, entende-se que pode haver um condicionante de ordem tectônica na presença de tal quebra de perfil. No trecho final do rio Corumbataí, o talvegue também flui sobre diabásios, mas sem a formação de saltos e corredeiras, indicando que, a despeito da resistência à erosão de tais rochas, o talvegue alcançou condições de equilíbrio, i.e., sem que ocorram novas incisões ou agradações. Assim, os *nickpoints* podem ser utilizados como fatores de alerta de processos deformacionais neotectônicos, como se afigura o caso do flanco nordeste do Alto de Pitanga.

A propósito de deformações de ordem neotectônica, pode-se enfatizar aqui, o panorama delineado no mapa geológico da bacia do rio Corumbataí (Figura 2) no que concerne às coberturas enfeixadas na Formação Rio Claro. Observa-se diversas manchas dessa unidade ao redor do Alto de Pitanga, algumas coroando interflúvios alongados, paralelos ao sistema de

falhas de direção NW-SE, bem como, no caso das manchas maiores, de lineamentos controlando trechos de drenagem que ora dissecam tais coberturas. Dessa forma, é possível que deformações atuais estejam em curso, o que reforça o valor das anomalias fluviomorfométricas como elementos de alerta para a detecção desses movimentos.

O outro ponto que chama à atenção no perfil longitudinal do rio Corumbataí refere-se à presença de um pequeno trecho convexo junto à cabeceira da drenagem. Levanta-se, neste artigo, a hipótese de que tal conformação configura um trecho onde o *stream power* deixa, efetivamente, de ser o principal fator na esculturação do vale, subordinando-se a outros elementos e processos geológicos, tais como o rastejo (*soil creep*), o coluvionamento (inclusive eventual presença de tálus) e as oscilações do lençol freático, que imprimem um caráter intermitente para o canal. Nesse sentido, tal trecho convexo deveria ser excluído das análises morfométricas envolvendo os índices RDE, representando uma regra mais apropriada do que números fixos referenciados na literatura.

Por fim, os autores do presente artigo entendem que a paisagem está em perene transformação, envolvendo, no caso da dissecação do relevo pelos cursos d'água, a busca permanente de equilíbrio. Considerando que as deformações neotectônicas representam fatores importantes na ruptura dessas condições de equilíbrio fluvial, acredita-se que as anomalias fluviomorfométricas possam representar fatores de alerta para a detecção de processos deformacionais mais jovens. Entende-se, da mesma forma, que o rebaixamento das encostas e a suavização do perfil longitudinal podem dar origem a superfícies análogas a pedimentos, o que representaria uma nova possibilidade de interpretação para os estudos de evolução do relevo, aplicável às condições fisiográficas da região sudeste. Todavia, não restam dúvidas de que há necessidade de se avançar nessa linha de trabalho, envolvendo as interações dos diversos elementos de drenagem de

uma bacia hidrográfica e de suas congêneres vizinhas, bem como dos parâmetros fluviomorfométricos com outros condicionantes geológicos, geomorfológicos e climáticos.

NOTAS

(1) De acordo com o The Merriam-Webster Thesaurus (Springfield, Massachusetts: Merriam-Webster, Inc. 2005) o substantivo 'nick' refere-se "a V-shaped CUT usually on an edge or a surface (lifted up the fence rail and put it in the notch cut into the post)", i.e., o ponto de sustentação de um fio em um poste, originando uma "quebra" de linha similar à que se verifica ao longo de alguns perfis longitudinais de cursos d'água. Embora a literatura geológica inclua as variações *nickpoint*, *knickpoint* e *knickpoint*, optou-se por manter a grafia de A. Björnberg (1969 a,b), mais correta em termos léxicos, além de representar uma deferência ao pioneirismo desse autor em estudos de cunho neotectônico em território paulista.

(2) Tais quilometragens, bem como as demais citadas nesse item, referem-se à extensão do canal do rio desde sua cabeceira, tendo como base as folhas topográficas em escala 1:50.000 e o limite operacional do curvímeter utilizado na mensuração.

(3) Este conceito está atrelado ao de "rios aluviais" (senso SCHUMM; DUMONT; HOLBROOK, 2000) que indicaria os cursos d'água que fluem sobre seus próprios depósitos em contraposição aos rios que fluem sobre rocha.

AGRADECIMENTO

O autor Mario Lincoln De Carlos Etchebehere agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa, que possibilitou o desenvolvimento de seu projeto de pós-doutorado e a elaboração do presente artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S.M.; SOARES, P.C. Geologia do Centro Leste do Estado de São Paulo. Ponta Grossa, PR. Petrobrás, 1971 (**Relatório**

DESUL, n. 407).

BASILE, A. **Caracterização estrutural e física de fragmentos florestais no contexto da paisagem da Bacia do Rio Corumbataí**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz – ESALQ – USP, Piracicaba, 2006.

BJÖRNBERG, A.J.S. **Contribuição ao estudo do Cenozóico paulista: tectônica e sedimentologia**. 1969a. 128 p. Tese (provisório para cargo de Professor) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1969.

BJÖRNBERG, A.J.S. Critério geomorfológico para determinação de áreas falhadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, 1969b, Salvador. **Resumo das conferências e das comunicações...** Salvador, SBG, 1969b, p.65-66.

CARLSTON, C.W. Longitudinal slope characteristics of Rivers of the mid-continent and the Atlantic east Gulf slopes. **International Association of Scientific Hydrology Bulletin**, v.14, n.4, p.21-31, 1969.

DEMOULIN, A. Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of Ardenne (Belgium, NW Europe). **Geomorphology**, v.14, p.189-208. 1998.

ETCHEBEHERE, M.L.C. **Terraços neoquaternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas**. 2000. 2v. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R. Relação Declividade/Extensão de Curso (RDE) aplicada à detecção de deformações neotectônicas regionais da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, SP. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO

SUDESTE, 6, São Pedro, 1999. **Boletim de resumos...** Rio Claro, SBG-SP/RJ/ES/UNESP, p.93, 1999.

ETCHEBEHERE, M.L.C. et al. Aplicação do índice "Relação Declividade-Extensão – RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v.4, n.2, p.43-56, 2004.

FUJITA, R.H. et al. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no Rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. **Revista Brasileira de Geociências**, v.41, n.4, p.610-616. 2011.

FULFARO, V.J. et al. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v.12, n.4, p.590-610. 1982.

GUEDES, I.C. **Aplicação de análise flúvio-morfométrica na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio – SP para detecção de deformações neotectônicas**. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

GUEDES, I.C. et al. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. **Revista Geociências UnG**, v.5, n.1, p.75-102, 2006.

HACK, J.T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **Am. J. Sci.**, v.258A, p.80-97, 1960.

HACK, J.T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journ. Research of the U.S. Geol. Survey**, v.1, n.4, p.421-429, 1973.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000**. São Paulo.

DMGA. 2v. (IPT, Monografia 6). 1981.

KELLER, E.A.; PINTER, N. **Active tectonics – Earthquakes, uplift, and landscape**. New Jersey: Prentice Hall. 1996. 338p.

LARUE, J.P. Effects of tectonics and lithology on long profiles of 16 rivers of the southern Central Massif border between Aude and Orb (France). **Geomorphology**, v.93, p.343-367. 2008.

LEOPOLD, L.B.; LANGBEIN, W.B. The concept of entropy in landscape evolution. **U.S. Geol. Survey Professional Paper 500-A**, 20p. 1962.

MACIEL, D.L.P. **Aplicação de parâmetros morfométricos de elementos de drenagem para a caracterização da Soleira de Arujá (SP) e a análise de processos neotectônicos**. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pesquisa e Pós-Graduação – Universidade Guarulhos – UnG, Guarulhos, 2009.

MARPLE, R.T.; TALWANI, P. Evidence of possible tectonic upwarping along the South Carolina coastal plain from an examination of river morphology and elevation data. **Geology**, v.21, p.651-654, 1993.

MARTINEZ, M. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal**. 2004. 146p. Exame de Qualificação, Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá - UEM. 2004.

McKEOWN, F.A. et al. Analysis of stream-profile data and inferred tectonic activity, Eastern Ozark Mountains region. Denver: **U.S. Geol. Survey Bull.** 1807, 1988, 39p.

MERRITS, D.; VINCENT, K.R. Geomorphic response of coastal streams to low, intermediate, and high rates of uplift, Mendocino triple junction region, northern California. **Geol. Soc.**

Am. Bull., v.101, p.1.373-1.388, 1989.

MORAES REGO, L.F. A geologia do petróleo no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. **Bol. Serviço Geologia**, n.46, 110p., 1930.

MORALES, N. et al. **Programa Geologia do Brasil, Folhas SF-23-Y-A-I e SF-23-Y-A-IV, Escala 1:100.000**. Rio Claro, SP: Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão. 56p. (UNESP, Relatório s.n.). 2008.

NANSON, J.T.; CROKE, J.C. A genetic classification of floodplains. **Geomorphology**, v.4, p.459-486. 1992.

NEVES, M.A. **Evolução cenozoica da região de Jundiaí (SP)**. 1999. 135f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

OPPENHEIM, V.; MALAMPHY, M.C. Notas sobre a tectônica da área de São Pedro – Xarqueada. Rio de Janeiro. **Avulso. Serv. Fomento Prod. Min. Agric.**, n.7, 12p. 1936.

OUCHI, S. Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. **Geol. Soc. Am. Bull.**, v.96, p.504-515, 1985.

PERINOTTO, J.A.J. et al. Nova contribuição ao conhecimento da Formação Rio Claro (T) na folha Rio Claro (SP). **Geociências**. v.25, n.3, p. 297-306, 2006.

PHILLIPS, L.F.; SCHUMM, S.A. Effect of regional slope on drainage networks. **Geology**, v.15, p. 813-816, 1987.

PIRES NETO, A.G. **Estudo morfotectônico das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiaí e áreas adjacentes no Planalto Atlântico e Depressão Periférica**. 1996. 70f. Projeto (Pós-Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio

Claro, 1996.

PORTO, D.R. et al. Análise morfotectônica da bacia hidrográfica do rio Aguapeí, Planalto Ocidental Paulista, mediante fluviomorfometrias e fotointerpretação. Rio Claro, SP: **Geociências**. 2012. (submetido).

RICHARDS, K.S. **Rivers form and process in alluvial channels**. London: Taylor & Francis, 1982. 360p.

RICCOMINI, C. et al. Evidências de neotectonismo no vale do rio Passa Cinco, Domo de Pitanga, Bacia do Paraná, SP. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. **Atas...** São Paulo, SBG, 1991, p.27-28.

RICCOMINI, C.; VASSILIOU, A.P. Geologia da porção ocidental do Domo de Pitanga, Bacia do Paraná – SP. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1, 1993, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: USP/CNPq, 1993, p.8.

ROSTIROLA, S.R. et al. Reativação de paleolineamento durante a evolução da Bacia do Paraná – O exemplo do Alto Estrutural de Quatiguá. **Revista Brasileira de Geociências**, v.30, n.4, p.639-648. 2000.

SANTOS, L.F.F.; GUEDES, I.C.; ETCHEBEHERE, M.L.C. Análise neotectônica do Pontal do Paranapanema (SP) mediante aplicação de parâmetros fluviomorfométricos. Rio Claro, SP. **Geociências**, v.30, n.4, p.491-507. 2011.

SCHUMM, S.A. River response to baselevel change: Implications for sequence stratigraphy. **J. Geol.**, v.101, p.279-294.1993.

SCHUMM, S.A.; DUMONT, H.F.; HOLBROOK, J.M. **Active tectonics and alluvial rivers**. Cambridge: Cambridge University Press. 2000. 292p.

SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, v.92, p.335-367, 1983.

SHEPHERD, R.G. Regression analysis of river profiles. **Journal of Geology**, v.93, p. 377-384. 1985.

SILVA, G.P.R. **Aplicação de análise flúvio-morfométrica na bacia hidrográfica do rio Jaguari (parte montante) para detecção de deformações neotectônicas**. 2009. 148f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pesquisa e Pós-Graduação – Universidade Guarulhos – UnG. Guarulhos, 2009.

SOARES, P.C. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBG, 1974, v.4, p. 107-121.

SOUSA, M.O.L. **Caracterização estrutural do Domo de Pitanga – SP**. 1997. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1997.

SOUSA, M.O.L. **Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Artemis, Pau D'Alho e Jibóia – Centro do Estado de São Paulo**. 2002. 206 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2002.

TANNER, W.F. The river profiles. **Journal of Geology**, v.79, p.482-492. 1971.

VALENTI, R.O.A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP**. 2001. 144f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós – ESALQ, Piracicaba, 2001.

VOLKOV, N.G. et al. Effect of recent crustal movements on the shape of longitudinal profiles and water levels in rivers. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RIVER MECHANICS, Bern, Suiss, 1967. **Proceedings...** Bern: International Union of Geodesy and Geophysics, 1967, p.105-116.

WESCOTT, W.A. Geomorphic thresholds and complex response of fluvial systems – Some implications for sequence stratigraphy. **Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.**, v.77, p.1.208-1.218, 1993.