

ANÁLISE DE PERFIS LONGITUDINAIS DE DRENAGENS DA BACIA DO RIO SANTO ANASTÁCIO (SP) PARA DETECÇÃO DE POSSÍVEIS DEFORMAÇÕES NEOTECTÔNICAS**NEOTECTONIC OF THE SANTO ANASTÁCIO RIVER (SP) DRAINAGE BASIN USING LONGITUDINAL PROFILE ANALYSIS**

Ivan Claudio GUEDES ¹; Gisele de Cássia SANTONI ²; Mario Lincoln C. ETCHEBEHERE ³; José Cândido STEVAUX ^{3,4}; Norberto MORALES ⁵; Antonio Roberto SAAD ^{3,5}

Resumo: A análise morfométrica da drenagem pode fornecer informações valiosas acerca do quadro tectônico de uma região, uma vez que os cursos d'água tendem a se ajustar rapidamente a deformações crustais, mesmo sutis, com modificações no seu talvegue. O presente trabalho mostra a aplicação da análise dos perfis longitudinais dos principais cursos d'água da bacia do rio Santo Anastácio, que resultaram na identificação de áreas submetidas a prováveis deformações neotectônicas. Foram analisados 26 perfis de drenagens com extensão superior a 8 km e adotada a função logarítmica para o estabelecimento das curvas de melhor ajuste, possibilitando, assim, o cotejamento com o perfil longitudinal. Adotou-se, como limiar, um afastamento de pelo menos 10 m para a identificação das anomalias, que podem ser positivas (indicando áreas em processo de soerguimento) ou negativas (áreas em subsidência). Adicionalmente, pode-se identificar possíveis zonas de falhas com rejeitos verticais significativos, com base na presença de inflexões na linha do talvegue. O resultado final é apresentado sob a forma de um mapa da rede de drenagem da bacia do rio Santo Anastácio com destaque para os trechos anômalos. Estudos em andamento permitirão comparar estes resultados com as informações geológicas e geomorfológicas de campo, contribuindo para a definição do quadro neotectônico da região.

Palavras-chave: Morfometria fluvial. Neotectônica. Bacia do Rio Santo Anastácio. Perfil longitudinal de drenagem.

Abstract: The use of morphometric analysis can give important informations on regional tectonism once river follows to a rapid adjustment to crustal deformation, at least with subtle modification of the thalweg. The present paper presents an application of the longitudinal profile analysis to the main streams of the Santo Anastácio River Basin and indicates areas with possible tectonic influences. Twenty-six drainage profile longer than 8 km were analyzed in log scale for best fit curve and its comparison with normal arithmetic-scale profile. The threshold of 10 m was used for detection of positive (uplifting areas) or negative (depressed areas) anomalies. It was also possible to identify fault, based in the thalweg line changes, zones with significant vertical slip. A map is presented with the Santo Anastácio River Basin drainage net with evidence of anomalous reaches. A comparison of the results with field evidences of geological and geomorphological features lets foresee a definition of a complete regional neotectonic framework.

Keywords: Fluvial morphometry. Neotectonics. Santo Anastácio River Basin. Drainage longitudinal profile.

1 – Mestrando, Programa de Mestrado em Análise Geoambiental – MAG; Universidade Guarulhos – UnG (ivanguedao@ig.com.br); bolsista do Programa Bolsa Mestrado da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo; docente do Colégio Mater Amabilis – Guarulhos, SP

2 – Graduanda de Geologia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE – UNESP; bolsista de Iniciação Científica da FAPESP

3 – Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão – CEPPE – UnG

4 – Universidade Estadual de Maringá – UEM

5 – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE – UNESP

(*) Trabalho desenvolvido sob os auspícios da FAPESP (Processo nº 05/57444-1)

INTRODUÇÃO

O estudo das deformações crustais recentes, objeto de estudo pertinente ao campo das Geociências designado “Neotectônica”, tem ganhado notável aceitação nas últimas décadas, contribuindo para o refinamento da Teoria da Tectônica de Placas. Todavia, o interior das grandes placas litosféricas ainda carece de melhor entendimento no que tange às deformações crustais recentes, decorrentes dos campos de tensão dominantes, em especial em áreas consideradas assísmicas, como é o caso de grande parte do território brasileiro. Nesse tipo de terreno, muitas vezes, não se observam planos de falhas recentes na superfície, demandando a busca de evidências mais sutis ou indiretas das eventuais deformações, bem como de seus agentes causativos e da possível taxa de recorrência dos eventos deformativos (Cf. GUCCIONE, 2005; AUDEMARD, 2005). A procura de tais evidências demanda técnicas alternativas, não-convencionais, que fogem do padrão usual da observação, coleta, análise e interpretação de dados geológicos, geomorfológicos, sísmicos e paleossísmicos empregados nos estudos tectônicos tradicionais. Dentre tais enfoques, está o emprego de técnicas de análise de parâmetros flúvio-morfométricos, calcadas no princípio de que os cursos d’água, governados pela gravidade, reagem rapidamente a qualquer deformação na superfície do terreno, mesmo ante aquelas mais tênues, e podem, dessa forma, ser utilizados para a busca de anomalias que estejam condicionadas por deformações neotectônicas.

No âmbito do território brasileiro, em termos de estudos flúvio-morfométricos, podem ser mencionadas as contribuições pioneiras de Alfredo Bjornberg (BJORNBERG, 1969a,b) no estudo de perfis longitudinais de drenagens, bem como os trabalhos desenvolvidos na região amazônica (RODRIGUEZ; SUGUIO, 1992; RODRIGUEZ, 1993), na Bacia Sedimentar de São Paulo (TAKIYA, 1997), na bacia hidrográfica do Rio do Peixe, no oeste paulista (ETCHEBEHERE; SAAD, 1999; ETCHEBEHERE, 2000; ETCHEBEHERE et al., 2004a; ETCHEBEHERE et al., 2006); no Município de Guarulhos (ACKLAS Jr. et al., 2003); na bacia do Rio Turvo (ITRI et al., 2004; SANTOS et al., 2004); na bacia do rio Pirapó, noroeste paranaense (MARTINEZ, 2004) e na própria bacia do rio Santo Anastácio (SANTONI et al., 2004).

O presente artigo apresenta uma análise morfométrica preliminar dos perfis longitudinais dos principais cursos

d’água da bacia do rio Santo Anastácio, buscando definir zonas anômalas, que possam indicar áreas com prováveis deformações (soerguimentos, subsidências, falhas, etc.) neotectônicas. Acredita-se que esta técnica possibilite uma avaliação rápida, eficaz e de baixo custo sobre as questões de ordem neotectônica nesta parte do território brasileiro. Vale ressaltar que o oeste paulista, outrora reputado como uma área tectonicamente inativa no Neocenozóico, tem-se configurado em um interessante palco de estudos neotectônicos em interior plataformar, mercê de seu relevo suave, com profundo intemperismo químico, mas contendo evidências de sismicidades atual (Cf. Zona Sismogênica de Presidente Prudente [MIOTO, 1993]) e pré-histórica (cf. ETCHEBEHERE, 2000; ETCHEBEHERE; SAAD, 2002; ETCHEBEHERE et al., 2004a; ETCHEBEHERE et al., 2006), esta registrada na sedimentação neopleistocênica da região.

A ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio situa-se no oeste do Estado de São Paulo, perfazendo uma área de aproximadamente 2.000 km² e abrangendo grandes centros urbanos, como as cidades de Presidente Prudente, Presidente Bernardes, Santo Anastácio, Presidente Venceslau e Presidente Epitácio. Seu principal acesso se faz pela rodovia SP 270 (Raposos Tavares), conforme ilustra a Figura 1.

Segundo Stein (1999), a ocupação desta bacia foi mais intensa a partir da segunda metade do século XX, agregando diversas atividades antrópicas, com desmatamento em larga escala. Esse tipo danoso de ocupação do solo resultou em inúmeros impactos ambientais negativos, especialmente ligados a processos erosivos acelerados, laminados e lineares, com o conseqüente assoreamento da rede de drenagem, observando-se colmatagem de calhas fluviais, com o recobrimento de depósitos aluviais pretéritos e mesmo de porções de encostas.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio está inserida no contexto da Bacia Sedimentar do Paraná, a qual constitui-se numa entidade geotectônica de abrangência mercossulina estabelecida no interior da Plataforma Sul-Americana. Seu preenchimento fanerozóico perfaz uma área de 1.400.000 km², dos quais 1.100.000 km² situam-se em território brasileiro (Figura 2). A Bacia Sedimentar do

Paraná abrange rochas sedimentares e ígneas (derrames, diques e *sills*; magmatismo datado de 132 Ma) que totalizam mais de 5.000 m de espessura em sua área central, conforme assinalaram Etchebehere et al. (2004b).

No âmbito específico da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, afloram rochas sedimentares pós-basálticas dos grupos Caiuá (Ki) e Bauru (Ks), separados por uma ampla discordância, marcada pela presença do Geossolo Santo Anastácio, conforme entendimento estratigráfico de Fulfaro et al. (1999a,b).

O Grupo Caiuá é constituído por arenitos finos a médios, arroxeados, com pouca matriz, apresentando estratificações cruzadas de grande porte (Formação Rio Paraná, Cf. FERNANDES, 1992), interpretados como de origem eólica (*draas*). Secundariamente, ocorrem depósitos de menor possança, tanto de fácies dunares, quanto de fácies interdunares, referentes à chamada Formação Goio-Erê (FERNANDES, op.cit.). Este conjunto de rochas sofreu um processo intempérico intenso, com

laterização, desestruturação das camadas, processos de bioturbação (gerando tubos e orifícios em profusão), que foram interpretados como o Geossolo Santo Anastácio por Fulfaro et al. (1999b), antes conhecido como unidade litoestratigráfica atrelada ao Grupo Bauru (senso STEIN et al., 1979; SOARES et al., 1980). Não há datações precisas acerca do Grupo Caiuá, de pobre conteúdo fossilífero, contudo, Fulfaro et al. (op.cit.) atribuíram-no, tentativamente, ao Cretáceo inferior, hipótese corroborada por Ernesto et al. (2006), baseados em informações paleomagnéticas.

O Grupo Bauru, por seu turno, coroa o registro sedimentar cretáceo, sendo formado por arenitos muito finos a finos, intercalados com lamitos, lamitos arenosos, siltitos e conglomerados intraformacionais, ricos em estruturas sedimentares (estratificações cruzadas de pequeno porte, acamamento plano-paralelo, *ripples*, *clay balls*, bioturbação, etc.), que são atribuídos à Formação Adamantina (senso STEIN et al., op.cit.; SOARES et al., op.cit.), podendo ser

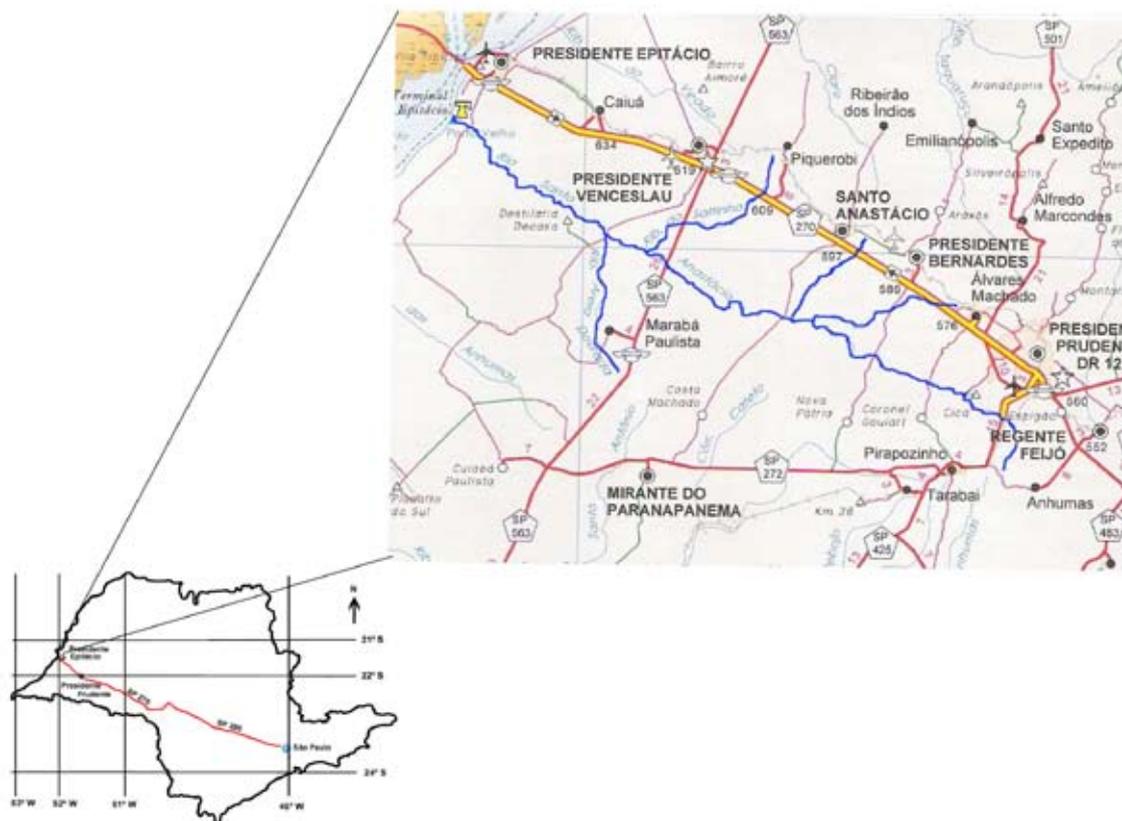


FIGURA 1: Localização da área de estudo no Estado de São Paulo.

FIGURE 1 : Location of the study area in the State of São Paulo.

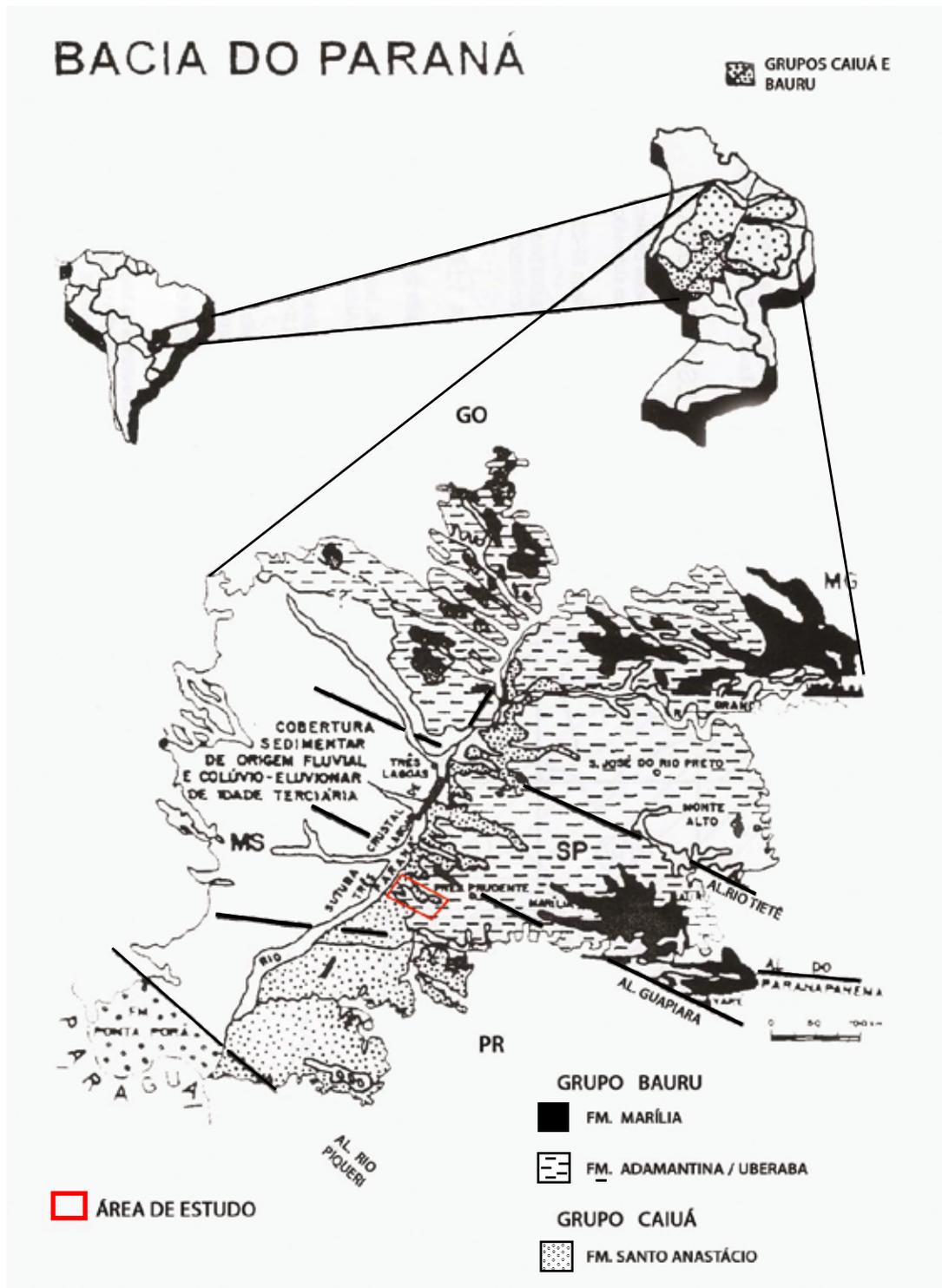


FIGURA 2: Cobertura pós-basalto da Bacia Sedimentar do Paraná (segundo FERNANDES, 1992; FULFARO; PERINOTTO, 1996).

FIGURE 2: Post-basalt flows sedimentary cover in the Paraná Sedimentary Basin (from FERNANDES, 1992; FULFARO; PERINOTTO, 1996).

diferenciadas fácies lamíticas mais persistentes, por vezes com abundantes moldes de cristais salinos, atribuíveis à Formação Araçatuba (senso ZAINÉ et al., 1980; cf. ETCHEBEHERE et al., 1991), conquanto esta unidade não esteja cartografada no âmbito da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio. Da mesma forma que a cartografia geológica, também as interpretações paleoambientais do Grupo Bauru são muito variáveis, predominando, contudo, um ambiente fluvial (especialmente para a Formação Adamantina), com a possibilidade de depósitos de origem lacustre (Formação Araçatuba), configurando um expressivo sistema *playa-lake* (ETCHEBEHERE et al., 1993; ETCHEBEHERE et al., submetido). O Grupo Bauru é rico em registros paleontológicos, especialmente macrofossilíferos (dinossauros, quelônios, crocodilos, peixes, conchas, etc.), de escassa precisão cronológica, embora indicativos de uma idade senoniana (88,5 – 65 Ma).

Após longo período de erosão, o quadro estratigráfico foi completado com depósitos quaternários associados à rede fluvial, representados por planícies aluviais atuais e terraços de acumulação subatuais, bem como por depósitos originados a partir da evolução das vertentes, sendo, neste caso, menos expressivos e tendo como referências as rampas colúviais e alvéolos preenchidos por material colúvio-aluvionar (STEIN, 1999).

Em termos estruturais, a bacia do rio Santo Anastácio encontra-se do âmbito do feixe de lineamentos de direção NW-SE que compõem a zona do Alinhamento Estrutural de Guapiara (FERREIRA et al., 1981); o alto vale acha-se interceptado pela Sutura Presidente Prudente, de direção NE-SW (IPT, 1989). Vale ressaltar que estas feições estruturais foram definidas com base em elementos geofísicos (aeromag, magneto-telúrico, gravimetria) e geológicos (lineamentos extraídos de produtos de sensores remotos, análise de fraturas, mapas de isópacas de seqüências estratigráficas da Bacia do Paraná e mapas de contornos estruturais de interfaces estratigráficas de tais seqüências). Os estudos do empilhamento estratigráfico da Bacia do Paraná permitem inferir movimentações verticais recorrentes ao longo do Fanerozóico, com blocos apresentando comportamentos tectônicos variados, ora subsidindo, ora em processo de soerguimento, com bordas definidas por estruturas herdadas do embasamento (Cf. SAAD, 1997). Movimentos hodiernos têm sido constatados pela presença de sismos naturais (Cf. Zona Sismogênica de Presidente Prudente, senso MIOTO, 1993) e, pela constatação, na vizinha bacia do Rio do Peixe,

de falhas, dobras e estruturas de liquefação em sedimentos de terraços fluviais neoquaternários (ETCHEBEHERE et al., 1998; ETCHEBEHERE; SAAD, 2002, 2003; ETCHEBEHERE et al., 2003). A abordagem neotectônica mediante análise de parâmetros flúvio-morfométricos está sendo empregada pela primeira vez nesta área, em nível de conhecimento dos autores do presente artigo.

Levando-se em consideração o mencionado quadro de graves processos erosivos da bacia do rio Santo Anastácio, também tem sido objeto de investigação dos autores deste trabalho a influência da neotectônica na incidência dos fenômenos erosivos, somando-se à suscetibilidade natural do substrato geológico e à descuidada ação antrópica (desmatamento acelerado, técnicas impróprias de uso do solo, etc.). A expressiva carga sedimentar lançada na rede de drenagem pelos processos erosivos acelerados dão origem a expressivos depósitos atuais, que colmatam calhas e recobrem planícies, terraços fluviais, e até mesmo porções das encostas, podendo ser reputados como “tecnogênicos” no sentido atribuído por Oliveira (2005).

OS PERFIS LONGITUDINAIS DE DRENAGENS

Considerações básicas

Uma das representações mais frequentes dos cursos d'água refere-se aos seus perfis longitudinais, plotados em gráficos de coordenadas cartesianas, onde a altitude é lançada no eixo das ordenadas e a extensão da drenagem – ou de seu vale – ocupa o eixo das abscissas, formando a variável independente. Regra geral, tais gráficos exibem uma conformação logarítmica, com concavidade para cima e assíntotas longas, como pode ser visto na Figura 3, que ilustra o perfil longitudinal do rio Santo Anastácio. Quanto mais equilibrado for o curso d'água, mais bem ajustado à função logarítmica estará seu perfil longitudinal, ressaltando-se que o equilíbrio refere-se à estabilidade do comportamento hidráulico da corrente, fazendo com que não haja erosão do talvegue nem agradação, havendo, tão somente, passagem de carga sedimentar (*bypassing process*). Curvas com menor concavidade, corrugações no perfil, ou mudanças bruscas indicam condições de desequilíbrio. Níveis de base locais podem ser verificados nos perfis, configurando o que Bjornberg (1969a,b; 1992) chamou de *nick points*, ou seja, pontos ou trechos de inflexão do perfil longitudinal,

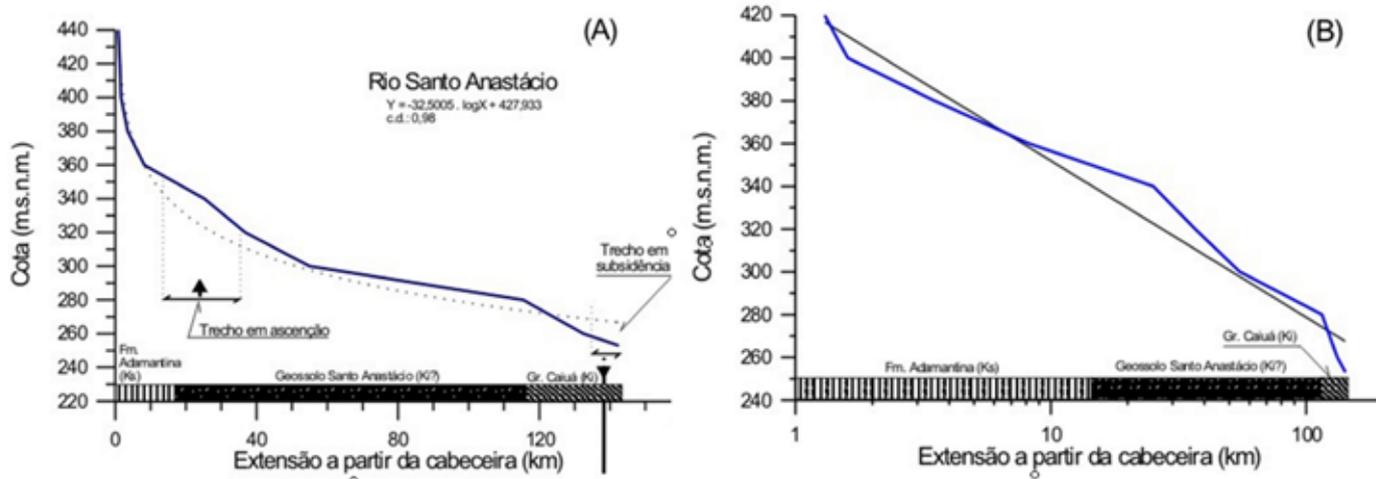


FIGURA 3: Perfil longitudinal do rio Santo Anastácio; (A) extensão em escala aritmética e (B) extensão em escala logarítmica. Ver texto para definição de zonas anômalas.

FIGURE 3: Santo Anastácio River longitudinal profile; (A) stream length in arithmetic scale; (B) stream length in logarithmic scale. See text for the definition of anomalous reaches.

que implicam mudanças no gradiente dos talwegues.

Uma maneira simples e eficaz de se determinar os pontos ou trechos anômalos (em desequilíbrio) nos perfis longitudinais de cursos d'água é a plotagem da curva de melhor ajuste (*best fit line*) do conjunto de pares ordenados "altitude x distância da cabeceira". O cotejamento de tal curva com o perfil longitudinal mostrará os principais afastamentos, tanto positivos (trechos que se encontram acima da linha de melhor ajuste) quanto negativos (trechos situados abaixo da linha de melhor ajuste), que podem, inclusive, ser quantificados, tal como procederam Volkov et al. (1967) ao estudarem a plataforma russa.

Outro ponto importante a ser destacado é o fato de os cursos d'água buscarem continuamente alcançar as condições de equilíbrio, eliminando as anomalias no gradiente longitudinal, seja por erosão do talvegue, seja por agradação, seja por migração, para montante, do *nick point*, ou mesmo por alterações no estilo de canal. Este comportamento tem sido verificado em experimentos laboratoriais (e.g., OUCHI, 1985; PHILLIPS; SCHUMM, 1987) e também constatado *in situ*, em diversas regiões, como no vale do rio Mississippi (BURNETT; SCHUMM, 1983 et al.), na região de Arkansas, USA (McKEOWN et al., 1988), na South Carolina (MARPLE; TALWANI, 1993), na cordilheira himalaiana (SEEBER; GORNITZ, 1983), e na junção tríplice das placas tectônicas Gorda, Norte-americana e do Pacífico, oeste norte-americano (MERRITS; VINCENT, 1989), entre outros exemplos.

O tempo para o reajuste do perfil equilibrado não pode ser precisado, mas diversos autores (e.g., LEOPOLD; LANGBEIN, 1962; HACK, 1973; PHILLIPS; SCHUMM, 1987) admitiram-no como pequeno em termos geológicos, reforçando o caráter dinâmico dos cursos d'água, que os tornam, assim, elementos-chave em termos de análises neotectônicas, pois poderiam indicar movimentos crustais ativos ou muito recentes.

As anomalias morfométricas no perfil longitudinal podem ser condicionadas por diversos fatores, assim sintetizados por Acklas Jr. et al. (2003):

- (1) Confluência com tributário de caudal expressivo;
- (2) Variações na resistência à erosão do substrato rochoso (criando os chamados *nick points* em soleiras líticas, i.e., níveis de base locais);
- (3) Erosão remontante por mudança brusca em nível de base à jusante (migração de *nick points* até que seja alcançado o novo perfil de equilíbrio), como ocorre quando há variações eustáticas, por exemplo; e
- (4) Deformações neotectônicas locais, i.e., na própria bacia de drenagem.

O fator (3) pode ser causado também por deformações tectônicas, neste caso externas à bacia de drenagem, como, por exemplo, o aprofundamento do talvegue da drenagem-tronco de uma região, influenciado seus tributários, mesmo que não drenem áreas diretamente afetadas pela deformação

neotectônica que levou à mudança de nível de base do rio principal.

O propósito básico do presente artigo, então, é investigar a possibilidade de deformações neotectônicas estarem em curso no vale do rio Santo Anastácio, o que pressupõe constatar a atuação do fator (4) acima mencionado, com o descarte ou a minimização dos demais fatores causativos de anomalias morfométricas nos perfis longitudinais de drenagem.

Procedimentos adotados

A elaboração dos perfis longitudinais de drenagens na bacia do rio Santo Anastácio baseou-se nos dados topográficos de folhas em escala 1:50.000 editadas pelo IBGE (folhas Pirapozinho, Presidente Prudente, Presidente Bernardes, Santo Anastácio, Marabá Paulista, Presidente Venceslau e Presidente Epitácio), nas quais os cursos d’água perenes são mostrados como linhas azuis e a equidistância entre as curvas de nível é de 20 m. Foram selecionadas 26 drenagens (em geral, com extensões superiores a 8,5 km)

para elaboração dos perfis (Tabela 1, Figura 4). Os cursos d’água foram medidos com um curvímeter digital (Modelo MR300 da Oregon Scientific), anotando-se as extensões de todos os segmentos de drenagem compreendidos entre curvas de nível subseqüentes, desprezando-se os meandros de menor porte. As medidas foram plotadas em planilhas eletrônicas Microsoft Excel e em aplicativos que possibilitaram a confecção dos perfis longitudinais (Grapher).

Os gráficos de coordenadas cartesianas, como já mencionados, têm a variável dependente (altitude) lançada no eixo das ordenadas e a variável independente (distância do trecho à nascente) no eixo das abscissas. Pode-se adotar a escala horizontal aritmética e/ou logarítmica, sendo que, neste segundo caso, o perfil se aproximará de uma reta.

Como o método aqui empregado baseia-se na premissa de que os cursos d’água buscam sempre o seu ponto de equilíbrio e que qualquer alteração no talvegue leva a drenagem a procurar seu ajuste buscando um novo ponto de equilíbrio, seja erodindo o seu próprio leito, seja propiciando agração, foram plotadas, nos gráficos, as curvas de melhor

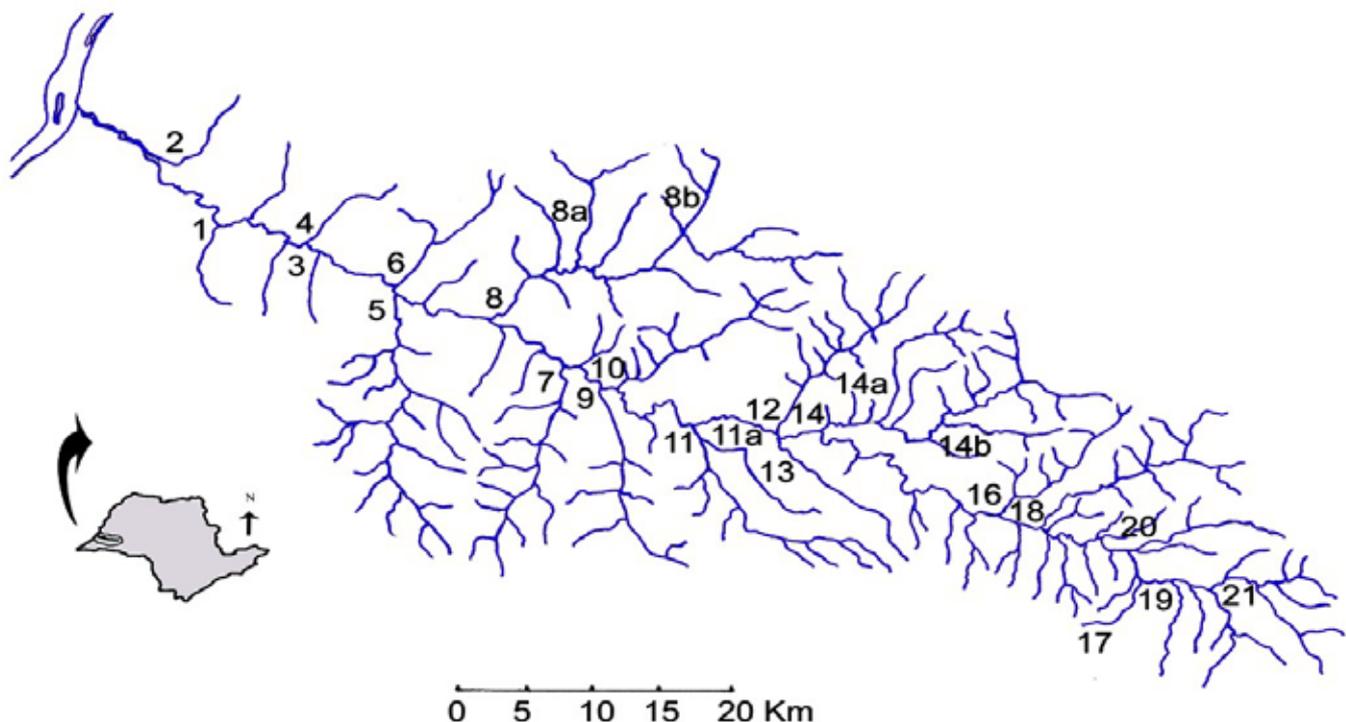


FIGURA 4: Bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio. Os números indicam as drenagens conforme Tabela 1.

FIGURE 4: Santo Anastácio River hydrographic basin. The main tributaries are designed by numbers according Table 1.

Número	Drenagem	Extensão (m)	Cota cab.	Cota foz	Amplitude (m)
1	Cór. Alegria	8.500	418	267	151
2	Cór. Sta. Cruzinha	8.950	365	278	87
3	Cór. Jaguatirica	10.870	422	295	127
4	Cór. Sta Maria	9.230	438	287	151
5	Rib. Areia Dourada	27.100	459	286	173
6	Cór. Cerrado	12.710	422	287	135
7	Rib. Sto Antônio	18.650	459	297	162
8	Rib. Saltinho	34.600	455	287	168
8a	Cór. Fortuna	12.400	418	310	108
8b	Cor. Congonha	8.950	417	330	87
9	Rib. Feiticeiros	18.900	365	292	73
10	Rib. Sei Lá	17.200	439	293	146
11	Rib. Claro	15.200	390	295	95
11a	Cor. Vai e Volta	12.310	383	299	84
12	Rib. Vai e Vem	18.950	458	298	160
13	Cor. Mandacaru	13.850	420	297	123
14	Rib. Guaiçara	28.250	459	299	160
14a	Cor. Pedras	13.950	460	315	145
14b	Cor. Quilometro Oito e Meio	9.570	461	333	128
15	Cor. Sta Luzia	7.450	420	334	86
16	Cor. Brejão do Guaiçarinha	14.830	460	333	127
17	Cor. Lajeado	9.000	460	355	105
18	Cor. Limoeiro	19.620	448	333	115
19	Cor. Araci	8.900	438	350	88
20	Cor. Cedro	12.200	438	345	93
21	Cor. Noite Negra	10.150	455	355	100

TABELA 1: Relação das principais drenagens da bacia do rio Santo Anastácio. A numeração corresponde àquela da Figura 4.

TABLE 1: The Santo Anastácio drainage net. The numbers are according to the Figure 4.

ajuste, escolhidas como função logarítmica, com coeficientes de determinação superiores a 0,8. Quando este percentual não foi alcançado, buscou-se estabelecer a linha de melhor ajuste com base em outra função matemática. Nesse caso, a adoção da função linear respondeu satisfatoriamente aos casos de menor concavidade, normalmente associados a perfis longitudinais anômalos.

Para a escolha dos trechos anômalos, adotaram-se, de modo arbitrário, afastamentos iguais ou superiores a 10 m como indicativos de prováveis anomalias. Evidentemente,

podem ser adotados critérios mais flexíveis, como um afastamento de 5 m, por exemplo, que incorrerão na ampliação dos trechos anômalos, todavia, é preciso ter em mente o risco de se ultrapassar a precisão da carta topográfica. Com relação a este quesito, recomenda-se o exame da contribuição de McKeown et al. (1988), onde se analisou a margem de erro do cálculo dos parâmetros flúvio-morfométricos em função da precisão da base topográfica utilizada.

RESULTADOS ALCANÇADOS

Os perfis longitudinais dos 26 cursos d'água analisados são mostrados, sob a mencionada forma de gráficos de coordenadas cartesianas, no Anexo A. As principais observações e as interpretações relativas a cada perfil específico são mostradas nas respectivas legendas, deixando-se para o presente item as análises e inferências de ordem mais geral, apoiadas em dados de literatura e informações preliminares de campo. Dessa forma, pode-se destacar:

- As drenagens 8; 8b; 9; 11; 15 e 17 mostram perfis longitudinais equilibrados, sem qualquer tipo de anomalia morfométrica com base nos critérios aqui adotados. Seus perfis exibem a típica conformação logarítmica, independente do porte (que vai desde drenagens de pequena extensão, como o Córrego Santa Luzia [15; com comprimento inferior a 8 km], até cursos maiores, como o Ribeirão do Saltinho [8] e o Ribeirão do Feiticeiro [9]);
- O perfil longitudinal do Córrego da Congonha (8b), mesmo sem exibir anomalias morfométricas, pode indicar a presença de uma zona de falha, marcada por uma nítida inflexão (nick point) entre os quilômetros 3 e 4, contados da cabeceira, o que revela o potencial de análise estrutural da abordagem utilizada;
- Os cursos d'água 1; 5; 8a; 11 e 13 mostram anomalias negativas nas proximidades de suas desembocaduras, que podem representar trechos subsidentes no próprio talvegue ou reflexos de abaixamento de nível de base na drenagem-tronco;
- Os perfis das drenagens 1; 3; 11a; 13; 14a; 16 e 20 diferenciam-se do clássico perfil logarítmico dos cursos d'água, exibindo conformação mais retilínea, por vezes incluindo afastamentos de até 30 m da linha de melhor ajuste adotada;
- As drenagens 2; 7; 10; 16; 18; 20 e 21 mostram perfis bastante anômalos, marcados por significativas inflexões no talvegue, indicando a possibilidade de estarem cruzando zonas de falha que limitam blocos com rejeitos verticais expressivos;
- Quase todas as drenagens com anomalias apresentam dois trechos destacados, um, no alto curso, com comportamento ascensional (anomalias positivas) e outro, no baixo curso, em processo de subsdiência (anomalias negativas). Exceções a essa regra ficam

por conta das drenagens 8a; 19 e 21, conquanto pudessem chegar ao modelo predominante caso se adotasse, como critério de definição de anomalia, um afastamento menor da linha de melhor ajuste; e

- Os cursos d'água 10; 11a e 13 apresentam-se anômalos na maior parte de suas extensões, valendo salientar que estes dois últimos são vizinhos e correm paralelos no setor que Stein (1999) designou "Planalto das Lagoas" e que representaria um bloco estrutural basculado para sudeste.

Com relação ao rio Santo Anastácio, dois trechos podem ser destacados: o primeiro, entre as cotas 355-320 m, constitui uma zona em ascensão pelos critérios aqui adotados; o segundo, já no trecho final, próximo à desembocadura no rio Paraná, mostra-se subsidente. O trecho situado entre as cotas 115-130 m evidencia um notável incremento no gradiente da drenagem, refletindo o abatimento tectônico da região da desembocadura, podendo representar, dessa forma, uma zona de falhas normais, com os blocos baixos situados a oeste. Na imagem mostrada na Figura 5 nota-se a calha aluvial no baixo curso do rio Santo Anastácio e, já na área de gradiente mais inclinado, de um trecho de alta sinuosidade, indicando que o aprofundamento do talvegue levou à formação de expressivos depósitos de terraços aluviais, mapeados por Stein (1999). Este aumento na sinuosidade do canal em trechos de maior gradiente conforme já preconizado por Burnett e Schumm (1983) e Merritts e Hesterberger (1994).

Em termos geomorfológicos, e ainda em relação à região de desembocadura do rio Santo Anastácio, um outro ponto a chama a atenção: a notável assimetria das barrancas do rio Paraná, na divisa entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Conforme já destacado por diversos autores (e.g., STEVAUX, 1993; NAKASU, 1998; FULFARO et al., 2005), a margem paulista é mais elevada, exibindo conspícuos afloramentos do Grupo Caiuá, ao passo que a margem oposta, do lado sul-matogrossense é rebaixada, configurando uma ampla planície de inundação. Tal assimetria pode ser explicada por basculamento de blocos para leste, como já suspeitado por Stevaux (op.cit.) e ilustrado na Figura 6. Tais interpretações se ajustam aos padrões de anomalias morfométricas delineadas no presente trabalho.

No segundo trecho considerado anômalo no rio Santo Anastácio, o caráter ascensional pode ser o responsável pela presença de expressivas áreas de alagadiços no alto curso, conforme pode ser observado na Figura 7, onde se

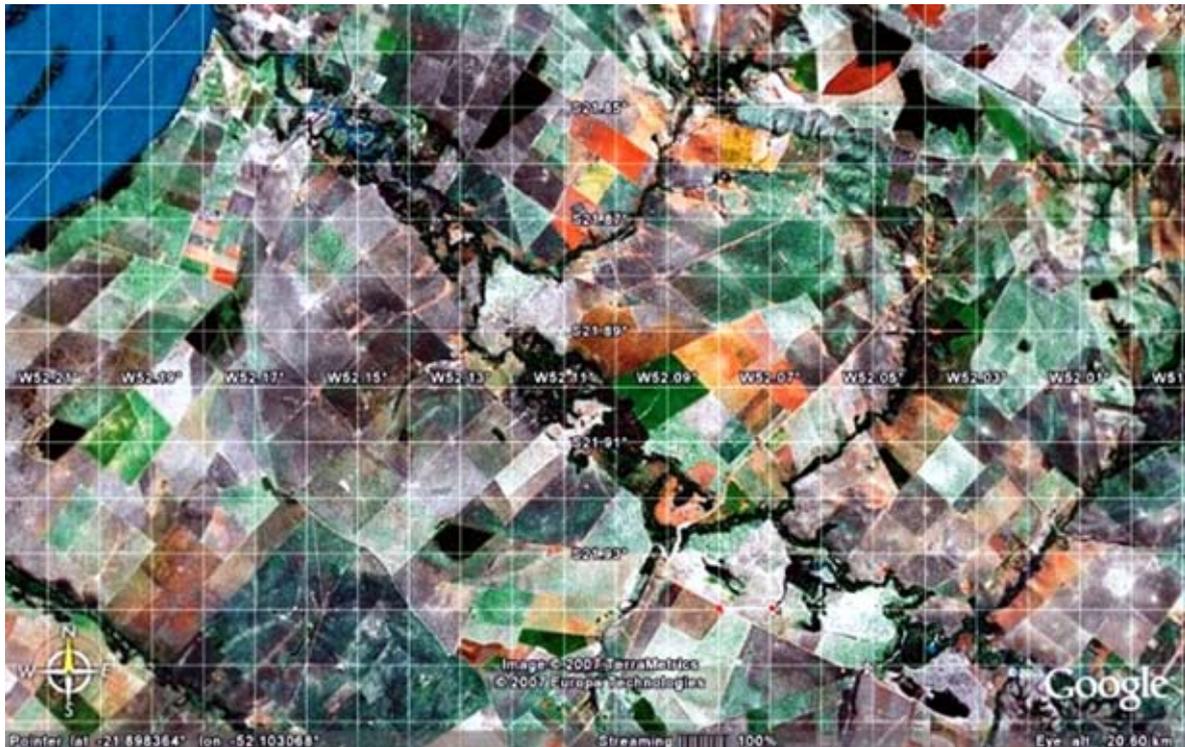


FIGURA 5: Imagem aérea do baixo curso do rio Santo Anastácio, região caracterizada por anomalia negativa (área em processo de subsidência), com destaque para as planícies aluviais e a variação de sinuosidade do canal.

FIGURE 5: Aerial image of the Lower Santo Anastácio River. This reach is characterized by negative anomaly (subsidence) in the stream profile. Note the presence of alluvial plains and the variation in the channel sinuosity

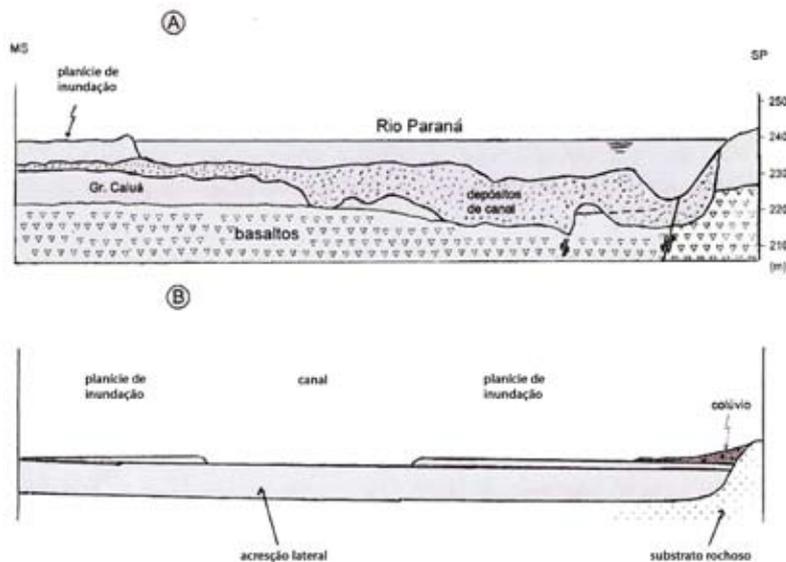


FIGURA 6: Em A, seção geológica do canal do rio Paraná nas proximidades de Porto Primavera, SP, mostrando superfície irregular de erosão do canal, com caimento para leste e possíveis falhas normais, paralelas ao canal; em B, seção mostrando a superfície ideal de erosão de um canal (Fonte: STEVAUX, 1993).

FIGURE 6: (A) geologic section of the Paraná River channel near Porto Primavera (SP). See the irregular erosive surface dipping to east, as well as some possible normal faults, with strike paralell to the river channel. (B) A geologic section showing an ideal erosion surface in a channel (After STEVAUX, 1993).



FIGURA 7: Imagem aérea da região das cabeceiras do rio Santo Anastácio. Notar que o talvegue do curso d'água está no limite setentrional da planície aluvial, denotando uma migração do canal no rumo norte.

FIGURE 7: Aerial image of the headwaters of the Santo Anastácio River Basin. Note the asymmetrical position of the thalweg, suggesting a channel migration Northward

destaca uma planície aluvial de porte razoável, já próxima às cabeceiras. Outro ponto interessante em termos estruturais refere-se ao fato de que, nesse trecho, o canal do rio Santo Anastácio estar junto da encosta setentrional, indicando uma migração para o norte, que pode ser fruto de basculamento tectônico. Outro indício significativo da ação neotectônica pode ser visto na Figura 8, a qual ilustra um trecho do rio Santo Anastácio no âmbito da área em soerguimento, mostrando conspícuos lineamentos NNW, delimitando desníveis topográficos que podem indicar falhas com rejeito normal. Nesta mesma fotografia, é possível perceber que o bloco alto encontra-se afetado por intensos processos de erosão acelerada, com presença de expressivo ravinamento, um possível indicativo de ação neotectônica.

Como produto final, apresenta-se na Figura 9 o conjunto de trechos anômalos da rede de drenagem da bacia do rio Santo Anastácio, possibilitando uma visão

integrada das áreas em processo de deformação crustal, seja por soerguimento, seja por subsidência. Este mapa permitirá um cotejamento com as demais informações geológicas e geomorfológicas, para se delinear o quadro estrutural e tectônico completo da bacia, trabalho ora em desenvolvimento pelos autores.

Uma última consideração pode ser manifestada sobre o porte das anomalias morfométricas. Dessa forma, o limiar de 10 metros adotado no presente trabalho para a definição dos trechos anômalos pode ser considerado bastante conservador, quando cotejado com a amplitude de soerguimentos e subsidências constatados no vale do rio Mississippi, na planície aluvial situada entre as cidades de Memphis (Tennessee, USA) e New Madrid (Missouri, USA). Nessa região, que foi palco de expressivos terremotos em 1811-1812 e 1450±150 anos, foram determinadas deformações no relevo da ordem de até 14 m em três altos

estruturais mapeados no âmbito da zona sismogênica de New Madrid (Cf. GUCCIONE, 2005), que ainda mostram-se refletidas no perfil longitudinal das drenagens locais, seja do porte do rio Mississippi, seja de afluentes menores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos perfis longitudinais de drenagens da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio permitiu a elaboração de um mapa apontando as áreas sujeitas a possíveis deformações, tanto aquelas em processo de subsidência quanto aquelas em ascensão. Os perfis longitudinais de drenagem, como informado, são mostrados sob a forma de gráficos de coordenadas cartesianas e incluem uma linha de melhor ajuste (*best fit line*), que representaria a situação ideal de um rio equilibrado. Afastamentos significativos da linha de melhor ajuste representam, assim, anomalias

morfométricas. Acredita-se que o limiar adotado para a definição dos trechos anômalos (afastamentos iguais ou superiores a 10 m da linha de melhor ajuste) represente um valor seguro para a detecção e a delimitação das anomalias morfométricas mais significativas, que provavelmente estejam refletindo deformações de caráter neotectônico. Esta afirmativa baseia-se em informações morfométricas auferidas da literatura em área de interior continental (vale do rio Mississippi, USA), que dão conta de que deformações estruturais na superfície do terreno, decorrentes de processos neotectônicos, são, em geral, de ordem métrica, alcançando 14 m no alto estrutural mais destacado daquela área (responsável pela formação do Lago Reelfoot, que surgiu após a série de grandes terremotos de 1811-1812 naquela parte do território norte-americano).

A abordagem apresentada no presente artigo mostra-se como uma ferramenta simples, de baixo custo e rápida



FIGURA 8: Trecho do rio Santo Anastácio controlado por fraturas (possivelmente falhas). Notar a concentração de ravinas na margem direita do canal, em possível escarpa de falha (bloco alto à direita), e as voçorocas do lado esquerdo, que se apresentam retilíneas e com eixos paralelos ao canal fluvial.

FIGURE 8: Aerial image of the Santo Anastácio River reach possibly controlled by fault (hanging wall at East side, with some erosion marks) and two linear gullies, parallel to the river.

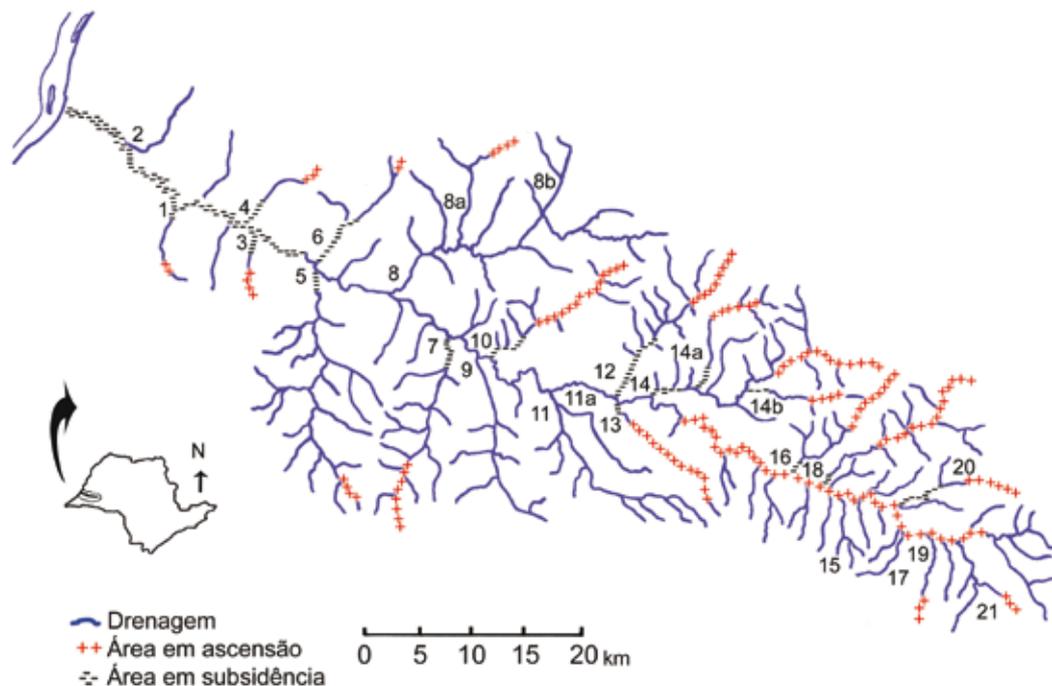


FIGURA 9: Trechos anômalos da Bacia do rio Santo Anastácio.

FIGURE 9: Anomalous drainage reaches in the Santo Anastácio hydrographic basin.

aplicação, possibilitando identificar e delimitar as anomalias flúvio-morfométricas mais significativas do ponto de vista neotectônico, uma vez que se pode selecionar as prováveis áreas de deformação condicionadas pelo quadro vigente de tensões. A efetividade dessa ferramenta foi testada com sucesso em diversas partes do mundo, em contextos geológicos diversificados, incluindo desde zonas de colisão continental (caso dos Himalaias), passando por zonas de subducção (exemplo da junção tríplice das placas Gorda, do Pacífico e Norte-americana), e chegando ao contexto de interior de placa (vale do rio Mississippi, por exemplo). No âmbito do Planalto Ocidental Paulista, a efetividade desse tipo de análise já pôde ser constatada no vale do Rio do Peixe, bacia vizinha do rio Santo Anastácio, que possibilitou a seleção de alvos para investigações mais detalhadas de campo – em geral mais dispendiosas –, representando, assim, uma abordagem mais conveniente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKLAS Jr. R.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; CASADO, F. C. Análise de perfis longitudinais de drenagens do Município de Guarulhos para a detecção de deformações neotectônicas. *Revista UnG – Geociências*, ano 6, n. 8, p. 64-78, 2003.
- AUDEMARD, F. A. Paleoseismology in Venezuela: Objectives, methods, applications, limitations and perspectives. *Tectonophysics*, v. 408, p. 29-61, 2005.
- BJORNBERG, A. J. S.. *Contribuição ao estudo do Cenozóico paulista: tectônica e sedimentologia*. São Carlos. 1969. 128 f. Tese - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1969.
- BJORNBERG, A. J. S. 1969. Critério geomorfológico para determinação de áreas falhadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador, 1969. *Resumo das conferências e das comunicações...* Salvador: SBG, 1969, p. 65-66.
- BJORNBERG, A. J. S. Microestrutura dos solos. In: NEGRO Jr. A. et al. (Ed.). *Solos da cidade de São Paulo*. São Paulo: ABMS/ABEF, 1992, p. 89-109.
- BOYD, K. F.; SCHUMM, S. A. 1995. Geomorphic evidence of deformation in the Northern part of the New Madrid seismic zone. In: SHEDLOCK, K.M.; JOHNSTON, A. C. (Eds.) *Investigations of the New Madrid seismic zone*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1538-R, 1995, 35 p.
- BURNETT, A. W.; SCHUMM, S. A. Alluvial-river response to neotectonic deformation in Louisiana and Mississippi. *Science*, v. 222, p. 49-50, 1983.
- ERNESTO, M. et al.. Início da sedimentação suprabasáltica na Bacia do Paraná: paleomagnetismo do Grupo Caiuá (oeste de São Paulo e noroeste do Paraná). In: SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL, 7., 2006, Serra Negra. *Boletim...* Serra Negra: UNESP, p. 48.

- ETCHEBEHERE, M. L. C. *Terraços neóquaternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas*. Rio Claro, 2000. 2 v. Tese (Doutorado em geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2000.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R. Relação Declividade / Extensão de Curso (RDE) aplicada à detecção de deformações neotectônicas regionais na bacia hidrográfica do Rio do Peixe, SP. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 6., 1999, São Pedro. *Boletim de Resumos...* Rio Claro: SBG-SP/RJ-ES/UNESP, 1999. p. 93.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R. Feições de liquificação em sedimentos quaternários 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.; SAAD, A. R. Fácies e associações de fácies em depósitos neóquaternários de terraço na bacia do Rio do Peixe, região ocidental paulista. *Geociências*, v. 22, n. 1, p. 5-16, 2003.
- ETCHEBEHERE, M. L. C. et al. Moldes de cristais salinos no Grupo Bauru, Estado de São Paulo: implicações econômicas e paleoclimáticas. *Geociências*, v.10, p.101-117, 1991.
- ETCHEBEHERE, M. L. C. et al. Reavaliação do potencial do Grupo Bauru para evaporitos e salmouras continentais. *Geociências*, v.12, p. 333-352, 1993.
- ETCHEBEHERE, M. L. C. et al. Feições de liquificação 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: SBG, 1998. p. 80.
- ETCHEBEHERE, M.L.C. et al. Fácies pelíticas em depósitos de terraço no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista, Brasil: considerações paleoambientais e econômicas. *Geociências*, v. 22, p. 17-31. 2003.
- ETCHEBEHERE, M.L.C.; SAAD, A.R.; FULFARO, V.J.; PERINOTTO, J.A.J. 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 Série Científica*, São Paulo, v.4, n.2, p. 43-56, out. 2004.
- ETCHEBEHERE, M. L. C. et al. Revisão Estratigráfica da Cobertura Sedimentar Pós-Basáltica do Planalto Ocidental Paulista: a contribuição do séc. XX. *Revista Universidade de Guarulhos – Geociência*, Guarulhos: Universidade Guarulhos, ano IX, p. 19-37. 2004.
- ETCHEBEHERE, M. L. C. et al. Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade-Extensão) em segmentos de drenagem. *Revista Geociências*, UNESP, v.25, n.3, p.271-289, 2006.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J. Análise de bacia aplicada à prospecção de água subterrânea no Planalto Ocidental Paulista. Trabalho encaminhado para publicação na *Revista da Associação Brasileira de Água Subterrânea – Revista ABAS*, 2006 (submetido).
- FERNANDES, L. A. *A cobertura cretácea suprabasáltica no Estado do Paraná e Pontal do Paranapanema (São Paulo) – Grupos Bauru e Caiuá*. 1992. 171f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- FERREIRA, F. J. F. et al. Contribuição ao estudo do Alinhamento Estrutural de Guapiara. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., 1981, Curitiba. *Atas...* Curitiba, SBG-SP, 1981, v.1. p. 226-240.
- 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, 1996. p. 297-303.
- FULFARO, V. J. et al. Santo Anastácio: um geossolo cretácico na Bacia Caiuá. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999, Serra Negra (SP). *Boletim...* Serra Negra: UNESP, 1999. p. 125-130.
- FULFARO, V. J. et al. Bacia Caiuá: uma nova bacia cretácica na Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5., 1999, Serra Negra (SP). *Boletim...* Serra Negra: UNESP, 1999. p. 439-442.
- FULFARO, V. J. et al. The Araras escarpment in the Upper Paraná River: Implications to fluvial neotectonics of the Paraná drainage evolution. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 6, n. 1, p. 115-122, 2005.
- GUCCIONE, M. J. Late Pleistocene and Holocene paleoseismology of an intraplate seismic zone in a large alluvial valley, the New Madrid seismic zone, Central USA. *Tectonophysics*, v. 408, p. 237-264, 2005.
- HACK, J.T. 1973. Stream-profile analysis and stream-gradient index. *Journ. Research of the United State Geological Survey*, v.1, n.4, p. 421-429.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. *Folha topográfica em escala 1:50.000. Pirapozinho, Presidente Prudente, Folha Bernardes, Santo Anastácio, Marabá Paulista, Presidente Venceslau e Presidente Epitácio*. Rio de Janeiro: IBGE, 1975. Escala 1:50.000.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. *Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 1989. 2 v. (Relatório 27.394).
- ITRI, S. L.; SANTOS, A.; ETCHEBEHERE, M. L. C. Aplicação do índice “Relação Declividade Extensão - RDE” na bacia do Rio Turvo (SP) para detecção de deformações neotectônicas. In: ENCONTRO DE PESQUISA E JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UnG 2004, 2., Guarulhos, 2004. *Resumos...* Guarulhos: UnG, 2004. CD-ROM.
- LEOPOLD, L. B.; LANGBEIN, W. B. *The concept of entropy in landscape evolution*. *United State Geological Survey*, n. 500-A, p. 1-20, 1962.
- MARPLE, R.T.; TALWANI, P. 1993. 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*. Maringá. 146 f. - Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá – UEM, 2004.
- McKEOWN, F. A.; JONES-CECIL, M.; ASKEW, B. L.; McGRATH, M. B. *Analysis of stream-profile data and inferred tectonic activity, Eastern Ozark Mountains region*. Denver. United State Geological Survey Bulletin. n. 1807, 39 p., 1988.
- MERRITS, D.; HESTERBERG, T. Stream networks and long-term surface uplift in the New Madrid seismic zone. *Science*, v. 265, p. 1081-1084, 1994.
- MERRITS, D.; VINCENT, K. R. Geomorphic response of coastal streams to low, intermediate, and high rates of uplift, Mendocino triple junction region, northern California. *Geological Society America Bulletin.*, v. 101, p. 1.373-1.388, 1989.
- MIOTO, J. A. *Sismicidade e zonas sismogênicas do Brasil*. 1993. 2 v. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1993.
- NAKASU, L. *Recursos minerais do rio Paranã a montante de Guaira*. 1998. 212 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1998.
- OLIVEIRA, A. M. S. *Tecnógeno: registros da ação geológica do homem*. Ribeirão Preto. In: SOUZA, C. R. G. et al. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005 p. 363-378.
- OUCHI, S. Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. *Geological Society America Bulletin*, v. 96, p. 504-515, 1985.
- PHILLIPS, L. F.; SCHUMM, S. A. Effect of regional slope on drainage networks. *Geology*, v.15, p. 813-816, 1987.
- RODRIGUEZ, S. K. 1993. *Neotectônica e sedimentação quaternária na região da “Volta Grande” do rio Xingu, Altamira, PA*. 1993. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 1993.
- RODRIGUEZ, S. K.; SUGUIO, K. Gradientes hidráulicos das drenagens de 2ª ordem: uma contribuição para os estudos de neotectônica da “Volta Grande” do rio Xingu, Altamira - PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. *Resumos expandidos...* São Paulo, SBG, 1992, p. 598-600.
- SAAD, A.R. *Análise da produção técnico-científica*. 1997, 150 f. Tese (Concurso para obtenção do título de Livre-Docente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1997.
- SANTONI, G.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; STEIN, D. P. Análise de parâmetros morfométricos de drenagem visando à detecção de movimentos neotectônicos na bacia do rio Santo Anastácio, SP. In: ENCONTRO DE PESQUISA E JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UnG 2004, 2., Guarulhos, 2004. *Resumos...* Guarulhos: UnG, 2004. CD-ROM.

SANTOS, A.; ITRI, S.L.; ETCHEBEHERE, M.L.C. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia hidrográfica do rio Turvo (SP) para avaliação de deformações neotectônicas. Uma contribuição para o planejamento territorial. In: ENCONTRO DE PESQUISA E JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UnG 2004, 2., Guarulhos, 2004. *Resumos...* Guarulhos: UnG, 2004. CD-ROM.

SCHUMM, S. A.; SPITZ, W. J. Geological influence on the Lower Mississippi River and its alluvial valley. *Engineering Geology*, v. 45, p. 245-261, 1996.

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

SOARES, P. C. et al. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo do Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, v.10, n.3, p. 177-185, 1980.

SPITZ, W. J.; SCHUMM, S. A. Tectonic geomorphology of the Mississippi Valley between Osceola, Arkansas, and Friars Point, Mississippi. *Engineering Geology*, v. 46, p. 259-280, 1997.

STEIN, D.P. *Avaliação da degradação do meio físico – Bacia do rio Santo Anastácio, oeste paulista*. 1999. 2 v. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1999.

STEIN, D. P. et al. Geologia de parte dos vales dos rios Paraná e Paranapanema. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. *Atas...* Rio Claro: SBG-SP, v.2, 1979, p. 291-306.

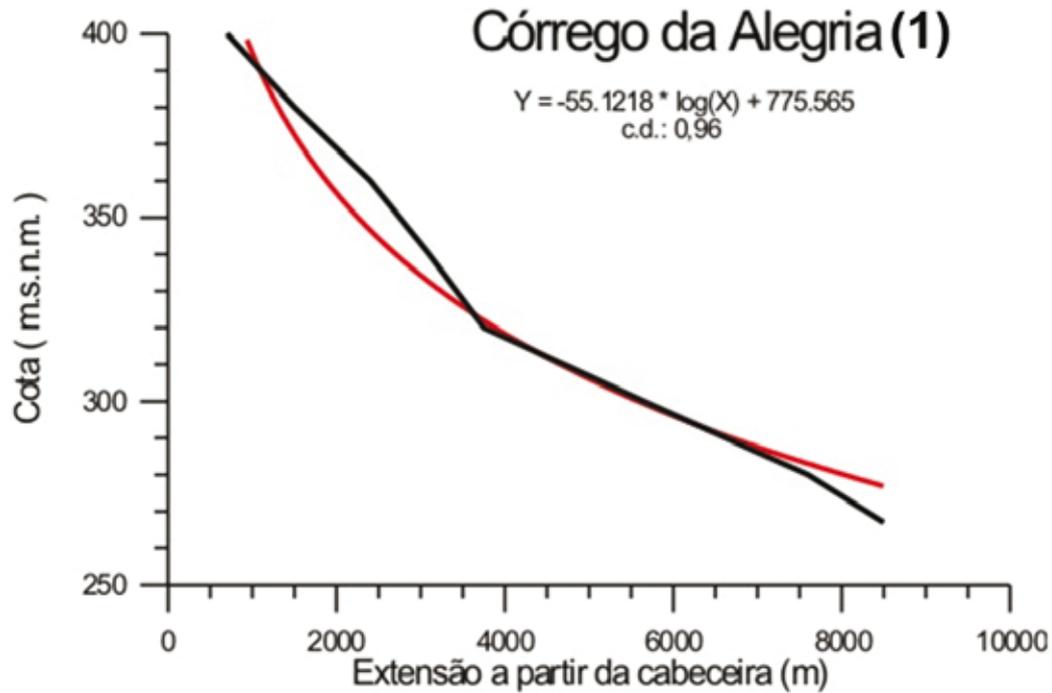
STEVANUX, J.C. *O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR)*. 1993. 243 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 1993.

TAKIYA, H. *Estudo da sedimentação neogênico-quaternária no município de São Paulo: caracterização dos depósitos e suas implicações na geologia urbana*. 1997. 152 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 1997.

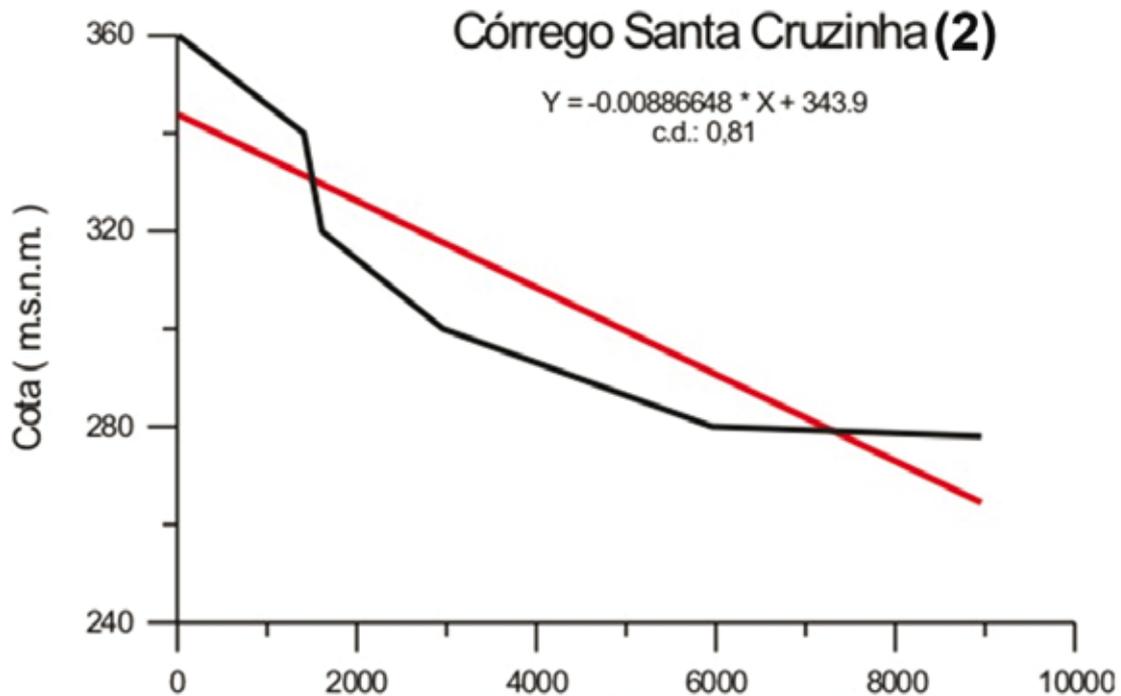
VOLKOV, N. G.; SOKOLOVSKY, I. L.; SUBBOTIN, A. I. Effect of recent crustal movements on the shape of longitudinal profiles and water levels in rivers. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RIVER MECHANICS, Bern, Swiss, 1967. *Proceedings...* Bern: International Union of Geodesy and Geophysics, 1967, p. 105-116.

ZAINE, J. E. et al. (Coords.) *Geologia do Bloco 38: região de Araçatuba/Tupã*. São Paulo: Consórcio IPT-CESP – Paulipetro, 1980. 2 v. (Relatório BP-014/80)

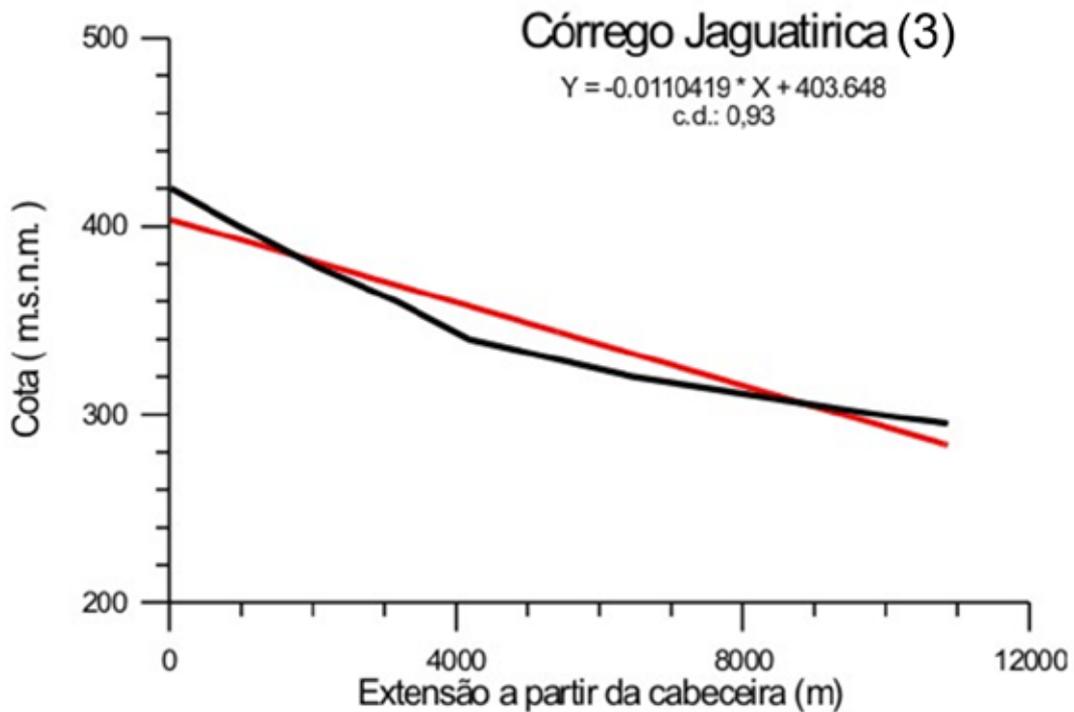
ANEXO A



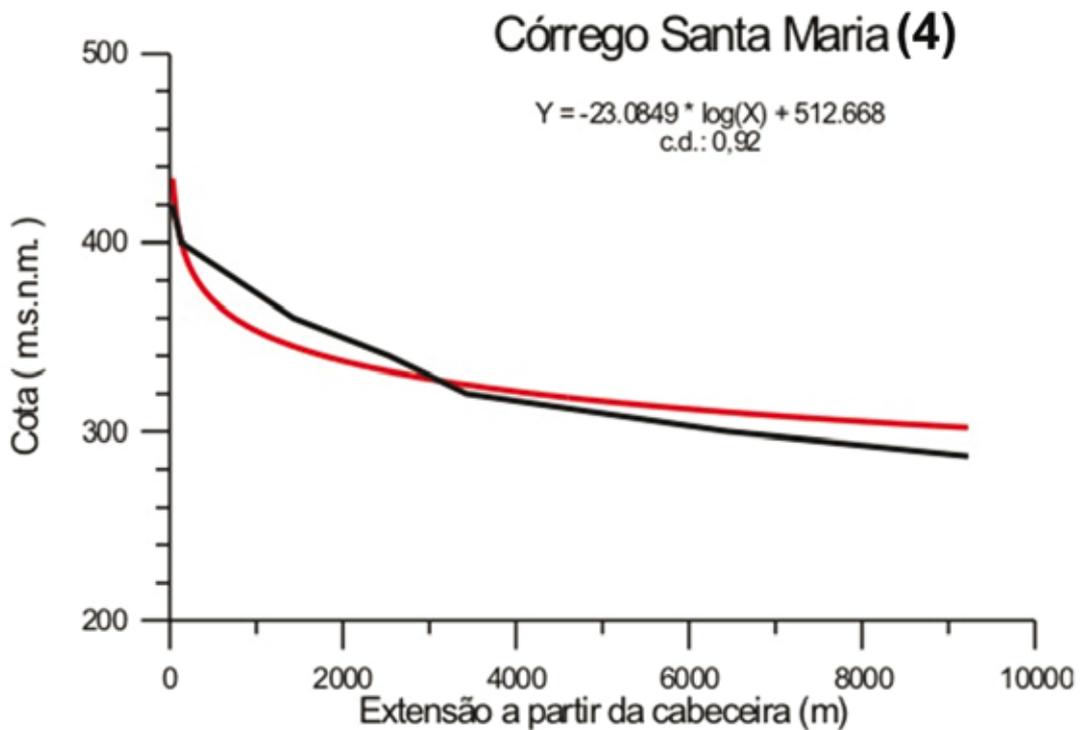
A1 - Perfil longitudinal do Córrego da Alegria (1): percebem-se dois trechos anômalos, o primeiro entre as cotas 375 e 350, que se mostra em ascensão, e o segundo, abaixo da cota 280, já na confluência com o rio Santo Anastácio, exibindo comportamento subsidente (Folha topográfica Presidente Epitácio).



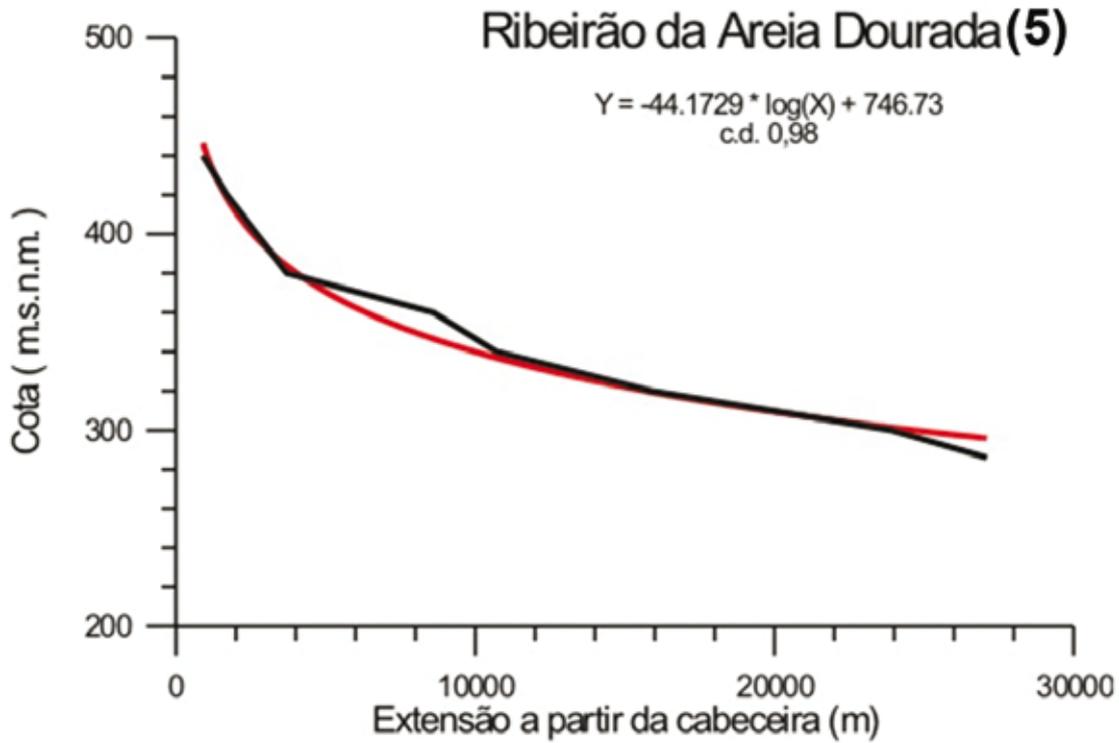
A2 - Perfil longitudinal do Córrego Santa Cruzinha (2): curso d'água com perfil acentuadamente anômalo, destacando-se três trechos distintos: da cabeceira até a cota 340 (trecho em soerguimento), entre as cotas 320 e 290 (trecho em subsidência) e abaixo da cota 280, mostrando franca subsidência; provável zona de falha entre os quilômetros 1 e 2, contados a partir da nascente (Folha topográfica Presidente Epitácio).



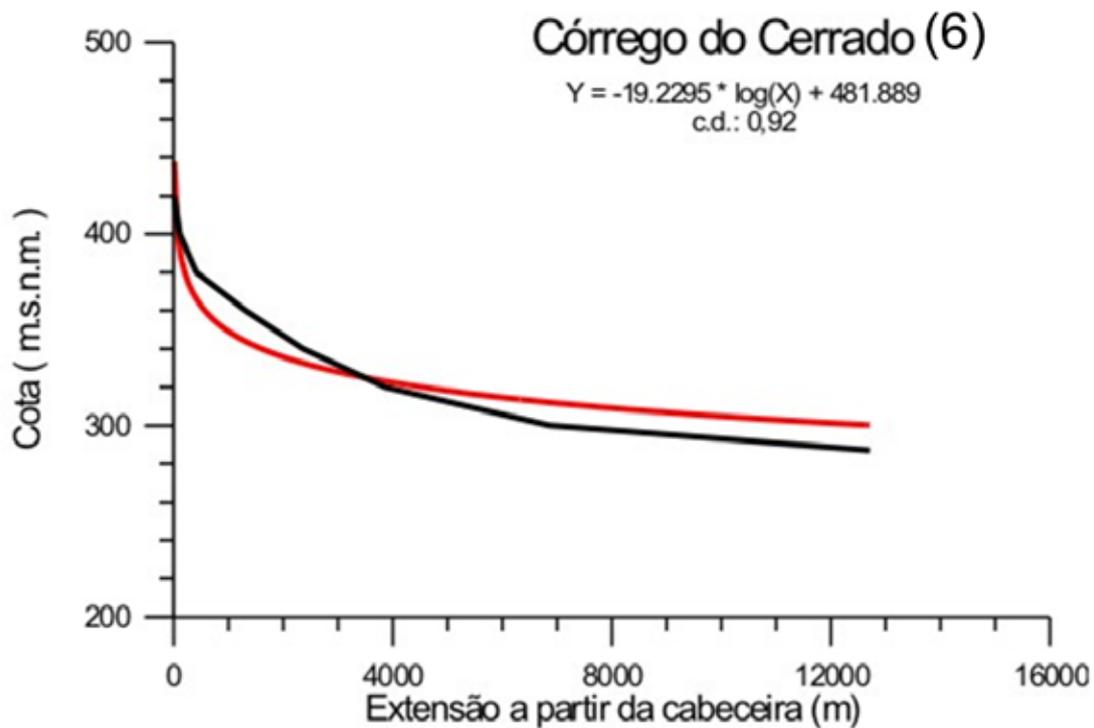
A3 - Perfil longitudinal do Córrego Jaguatirica (3): perfil muito semelhante ao da drenagem (2), com dois principais setores anômalos, o primeiro, entre as cotas 415 e 350, de caráter positivo (em soerguimento) e, o segundo, abaixo da cota 320, em marcante subsidência (Folhas topográficas Ribeirão das Anhumas e Presidente Epitácio).



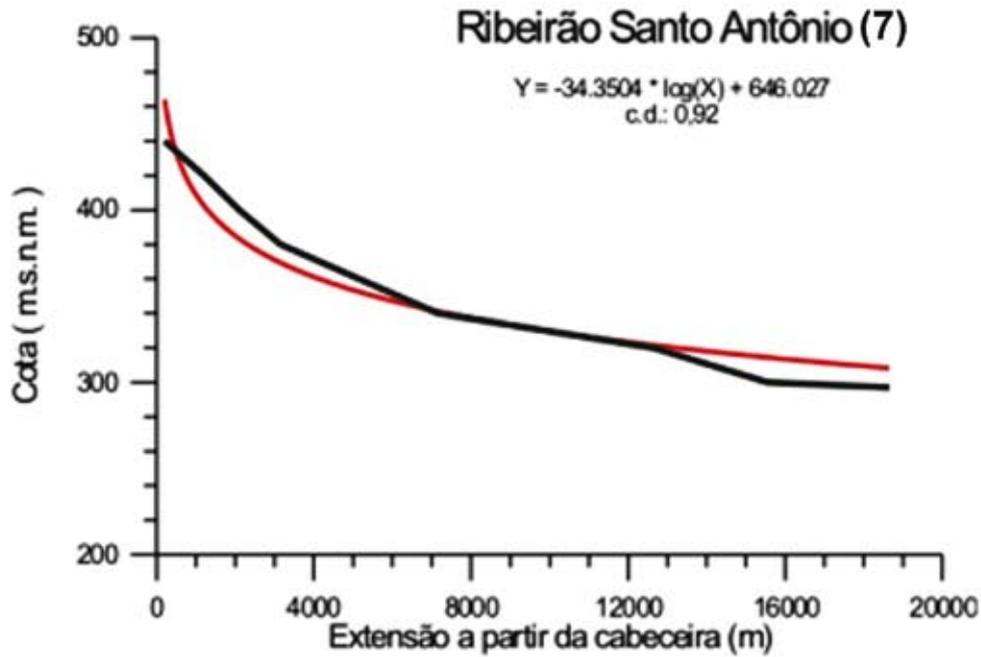
A4 - Perfil longitudinal do Córrego Santa Maria (4): perfil semelhante ao das drenagens (2) e (3), com um trecho superior em ascensão (entre as cotas 345 e 395) e outro, no baixo curso (abaixo da cota 300), em subsidência (Folhas topográficas Presidente Venceslau e Presidente Epitácio).



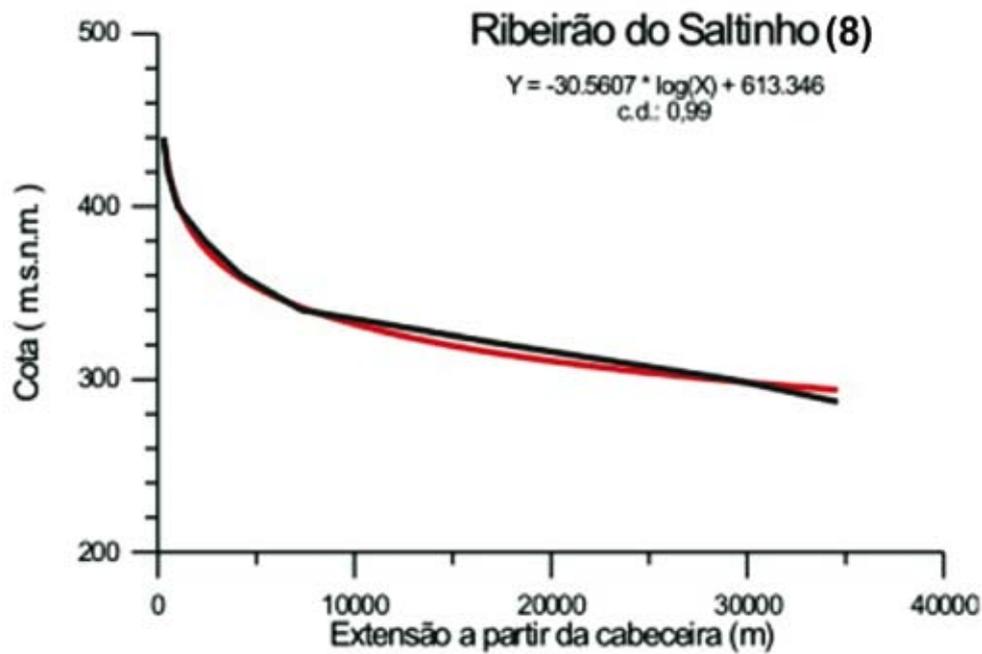
A5 – Perfil longitudinal do Ribeirão da Areia Dourada (5): o longo perfil desta drenagem encontra-se praticamente todo em equilíbrio, com exceção de dois pequenos trechos anômalos: entre as cotas 355 e 370 (trecho em soerguimento) e abaixo da cota 285 (trecho em subsidência), junto à desembocadura no rio Santo Anastácio (Folhas topográficas Marabá Paulista e Presidente Venceslau).



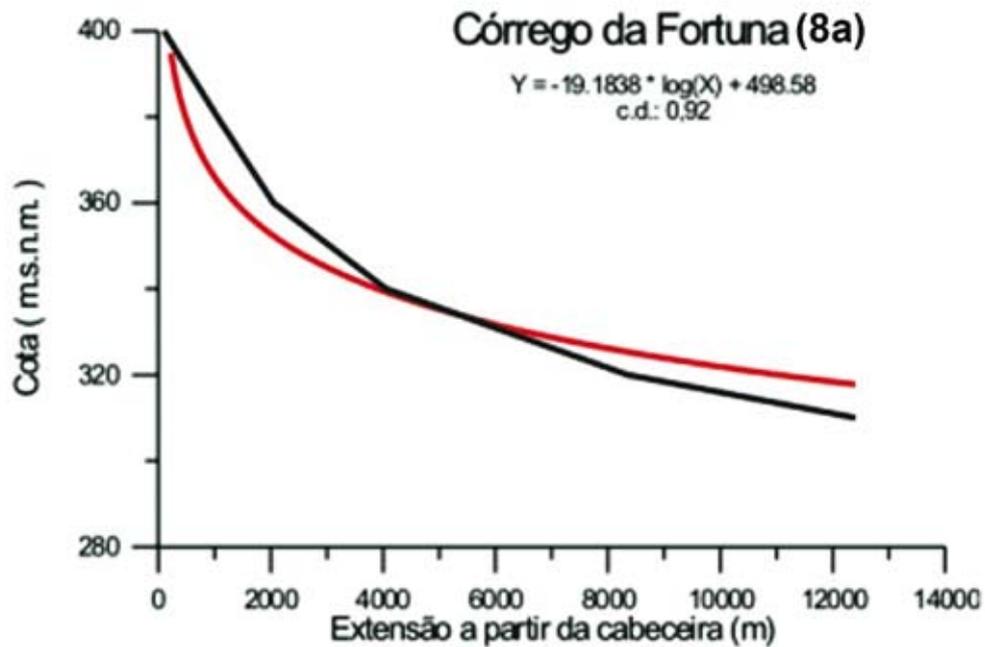
A6 – Perfil longitudinal do Córrego do Cerrado (6): perfil com dois trechos anômalos, o primeiro, entre as cotas 345 e 380, mostra caráter ascendente, e, o segundo, abaixo da cota 300, mostra-se subsidente (Folha topográfica Presidente Venceslau).



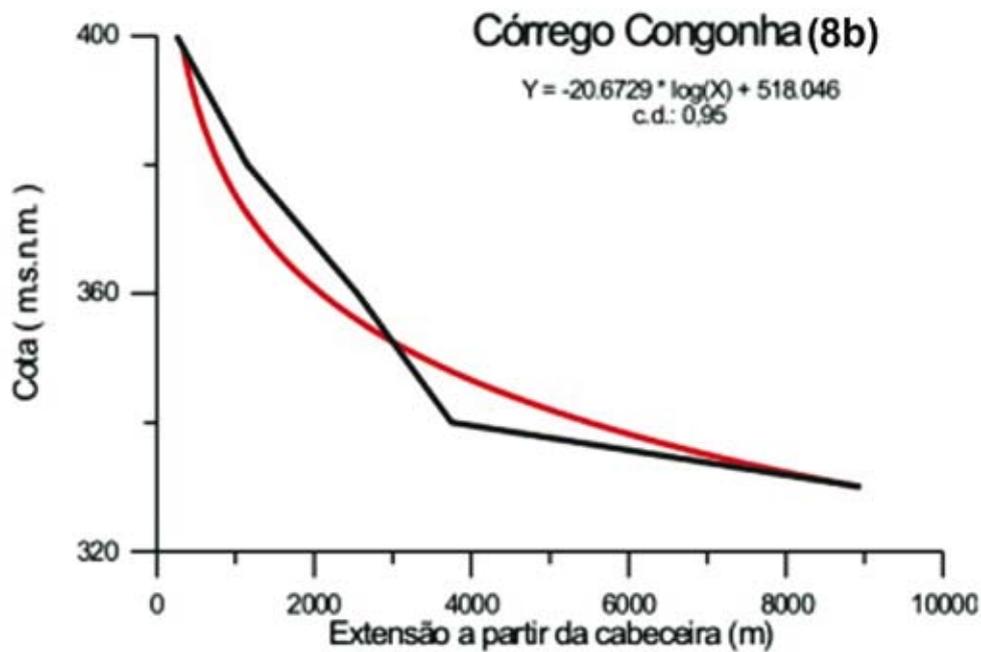
A7 – Perfil longitudinal do Ribeirão Santo Antônio (7): perfil semelhante ao da drenagem (6), com um trecho superior ascendente (entre as cotas 375 e 430) e outro em subsidência (abaixo da cota 305), com possível zona de falha entre os quilômetros 14 e 15, contados a partir da nascente (Folha topográfica Marabá Paulista).



A8 – Perfil longitudinal do Ribeirão do Saltinho (8): perfil bastante equilibrado, sem trechos anômalos pelos critérios adotados na presente análise (Folhas topográficas Santo Anastácio, Presidente Venceslau e Marabá Paulista).



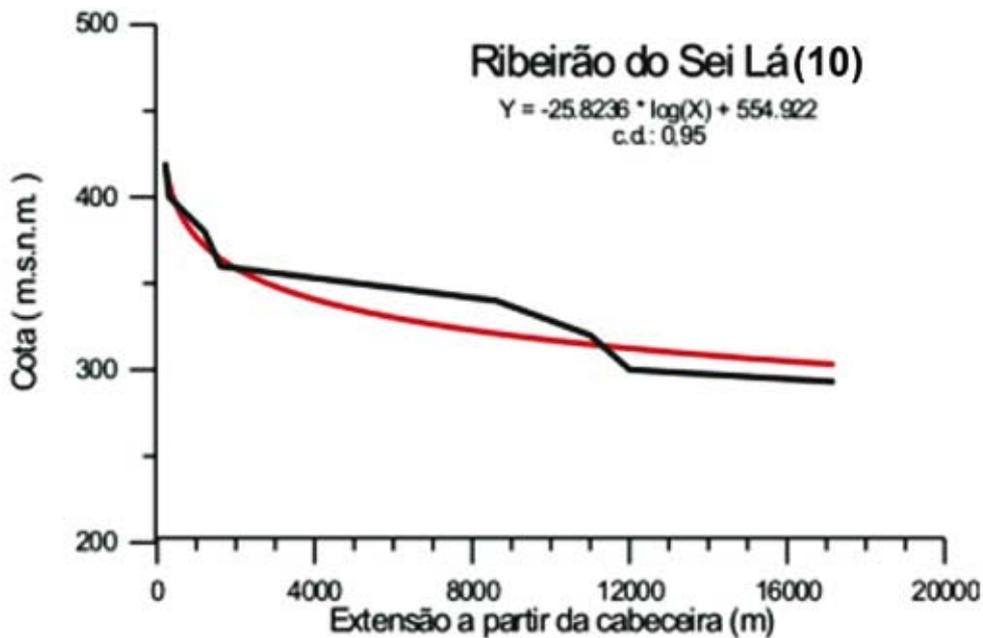
A8a – Perfil longitudinal do Córrego da Fortuna (8a): apresenta um único trecho anômalo, situado entre as cotas 365 e 390, que se mostra em ascensão (Folha topográfica Presidente Venceslau).



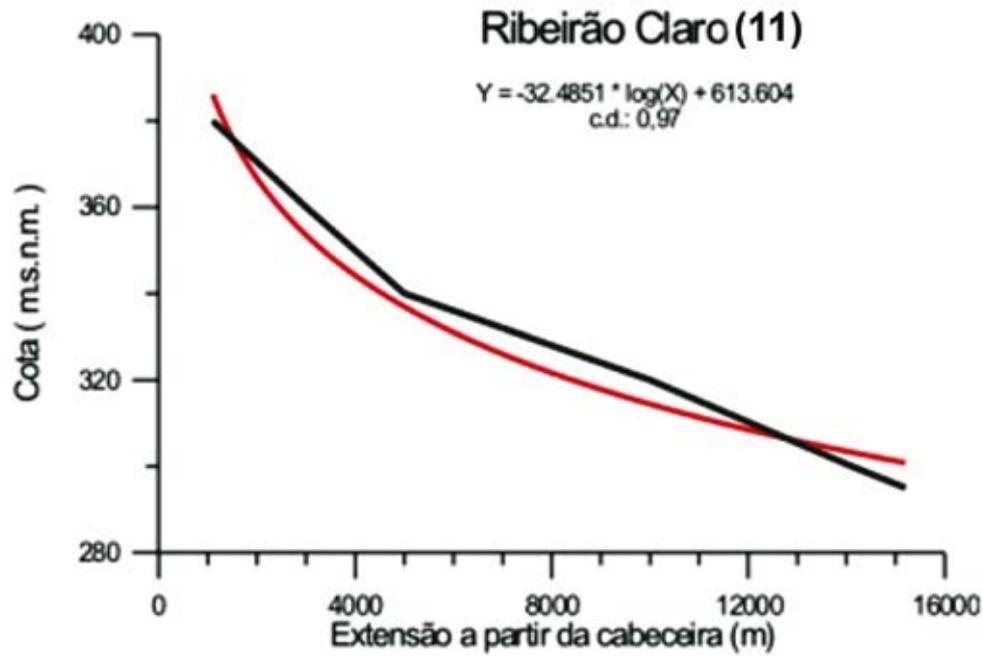
A8b – Perfil longitudinal do Córrego da Congonha (8b): perfil equilibrado, sem trechos anômalos pelos critérios adotados na presente análise, embora exista a possibilidade de uma zona de falha entre os quilômetros 3 e 4, contados a partir da nascente (Folhas topográficas Santo Anastácio e Presidente Venceslau).



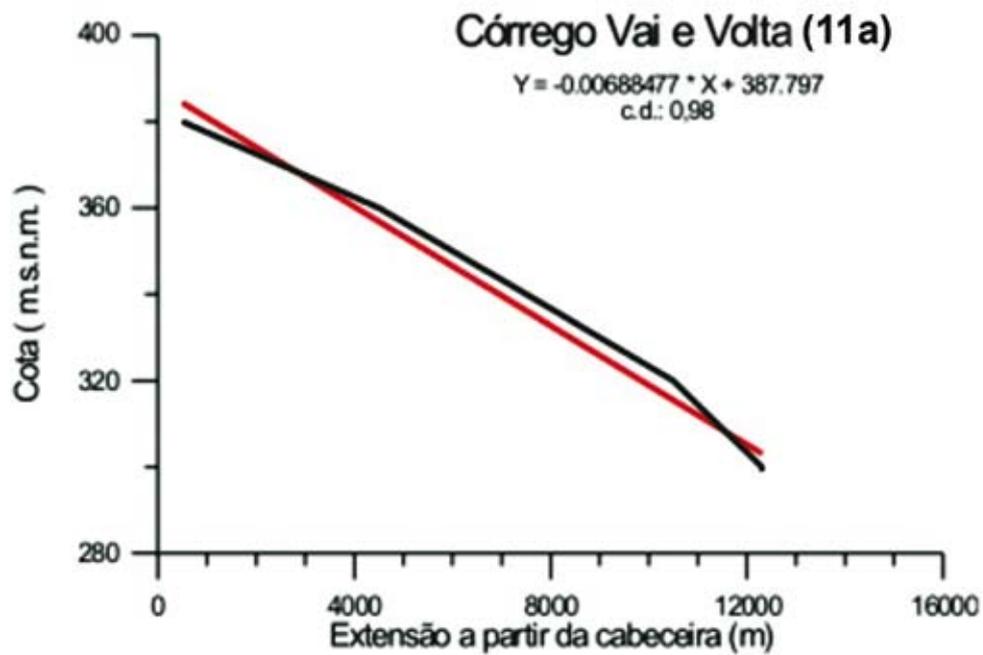
A9 – Perfil longitudinal do Ribeirão Feiticeiros (9): idem (8b) (Folha topográfica Marabá Paulista).



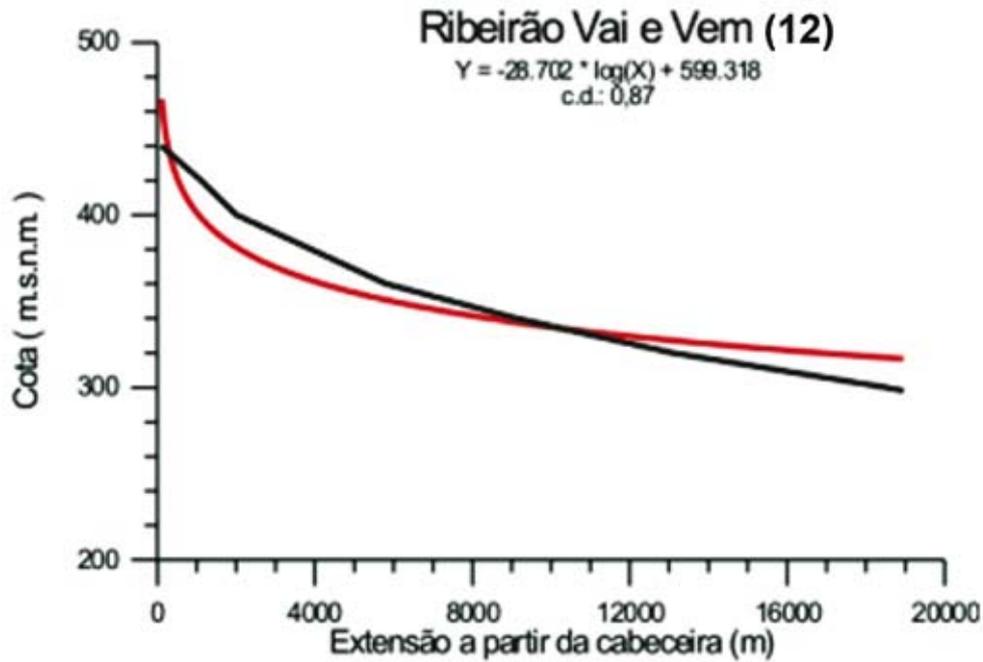
A10 – Perfil longitudinal do Ribeirão Sei Lá (10): o perfil desta drenagem mostra-se bastante anômalo, com duas áreas em ascensão (em torno da cota 380) e entre as cotas 325 e 355, bem como um trecho em subsidência (abaixo da cota 300); as bruscas mudanças no gradiente da drenagem (entre os quilômetros 1 e 2 e no entorno do quilômetro 12) indicam zonas de falha, com blocos abatidos a jusante (rumo oeste) (Folhas topográficas Santo Anastácio, Presidente Bernardes e Marabá Paulista).



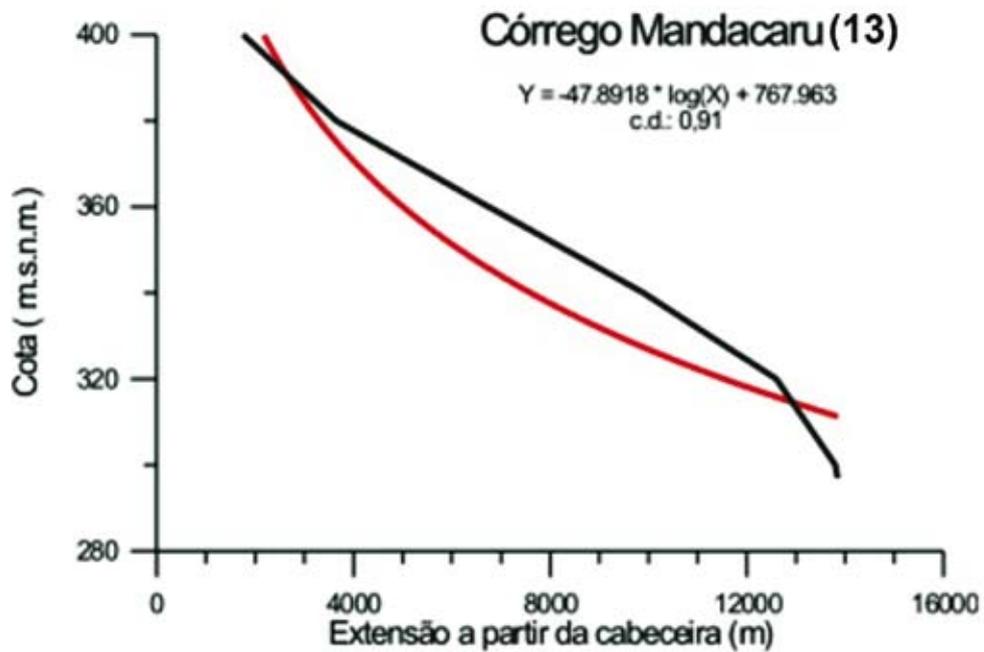
A11 – Perfil longitudinal do Ribeirão Claro (11): perfil sem anomalias (Folhas topográficas Presidente Bernardes e Marabá Paulista).



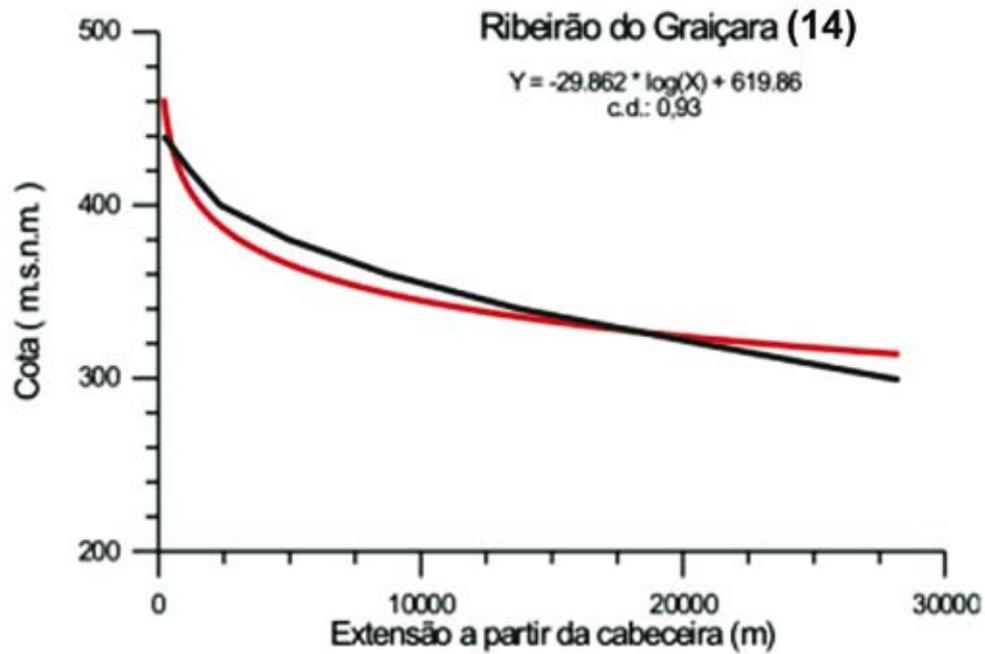
A11a – Perfil longitudinal do Córrego Vai-e-volta (11a): exibe um perfil retilíneo mas não anômalo com base nos critérios adotados na delimitação dos trechos anômalos (Folhas topográficas Presidente Bernardes e Marabá Paulista).



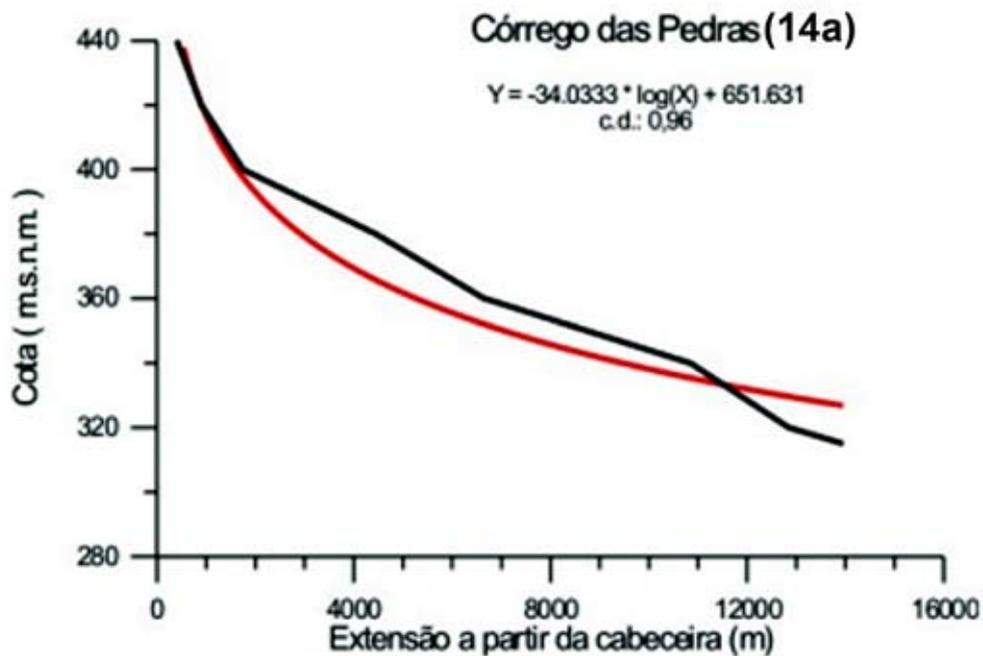
A12 – Perfil longitudinal do Ribeirão Vai-e-vem (12): mostra dois principais trechos anômalos: um em soerguimento (entre as cotas 355 e 430) e outro em subsidência (abaixo da cota 320) (Folhas topográficas Santo Anastácio e Presidente Bernardes).



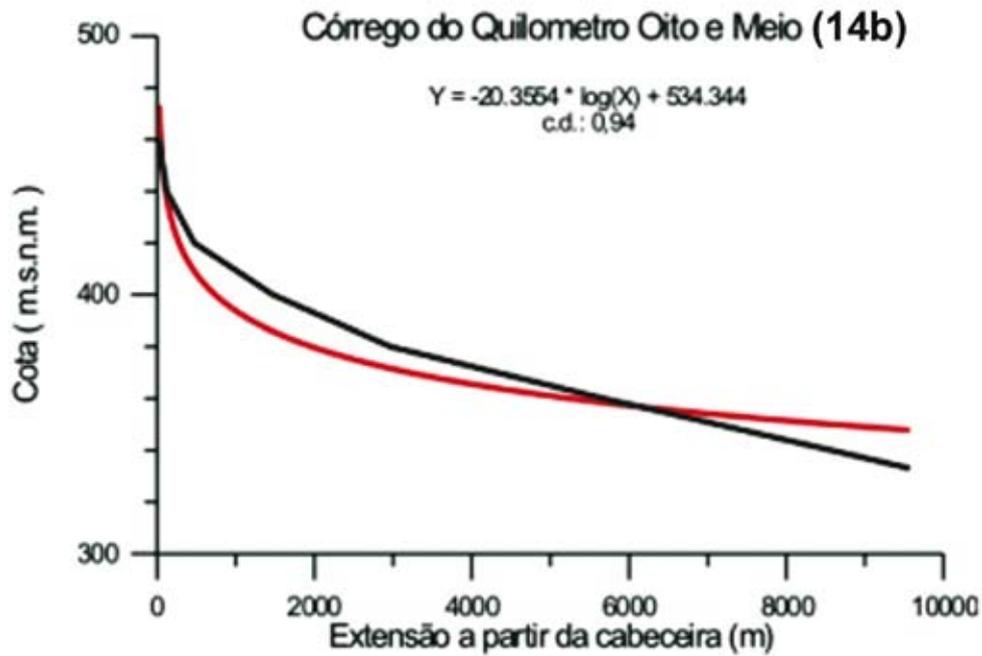
A13 – Perfil longitudinal do Córrego Mandacaru (13): da mesma forma que a drenagem (12), este perfil mostra dois trechos anômalos: um em soerguimento (entre as cotas 330 e 380) e outro em subsidência, junto à foz no rio Santo Anastácio (abaixo da cota 300) (Folha topográfica Presidente Bernardes).



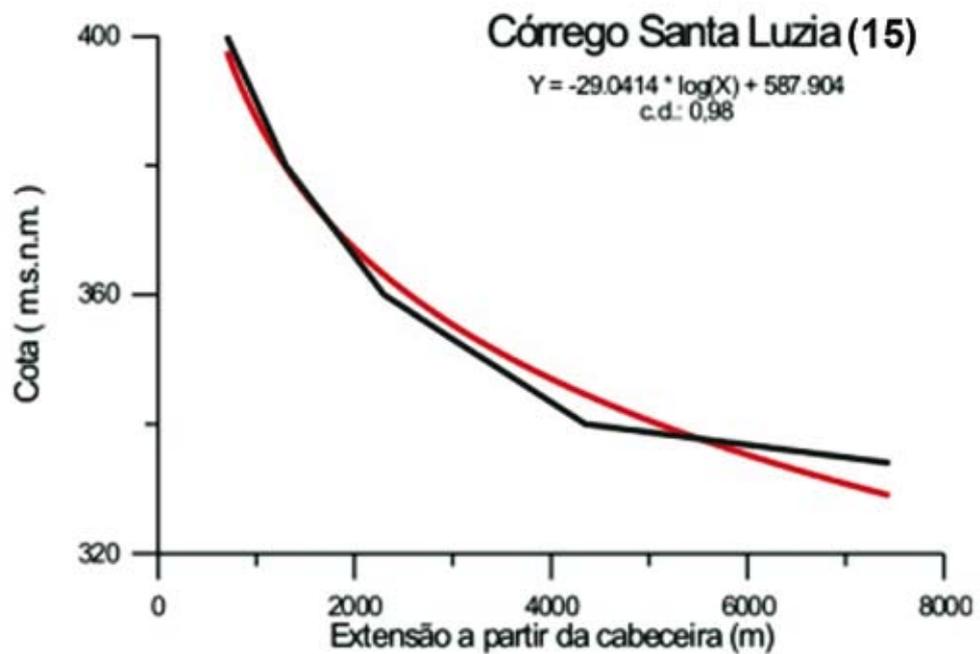
A14 – Perfil longitudinal do Ribeirão Guaiçara (14): destacam-se, no perfil, dois trechos anômalos: o primeiro, em soerguimento (entre as cotas 350 e 430), e, o segundo em subsidência (abaixo da cota 310) (Folhas topográficas Presidente Prudente e Presidente Bernardes).



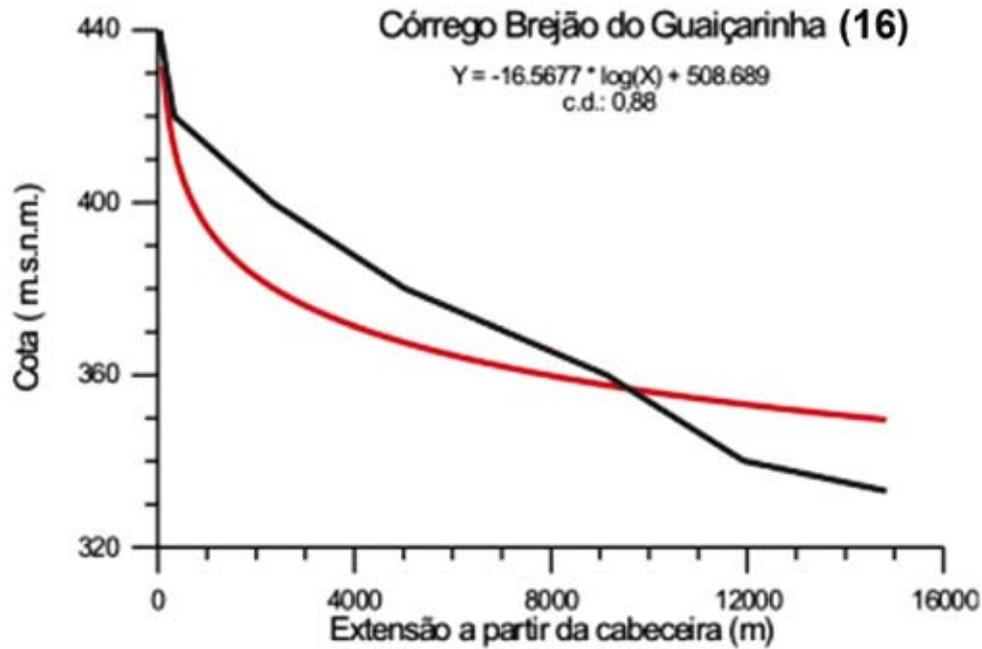
A14a – Perfil longitudinal do Córrego das Pedras (14a): exibe dois trechos anômalos: entre as cotas 360 e 395 (em soerguimento) e abaixo da cota 320 (em subsidência) (Folha topográfica Presidente Bernardes).



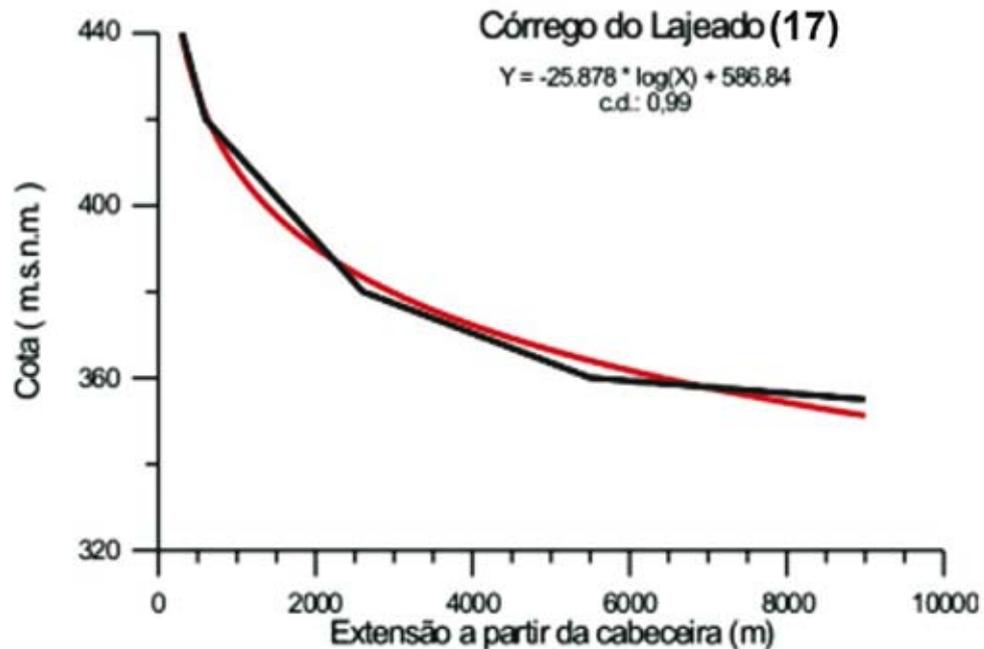
A14b – Perfil longitudinal do Córrego do Quilômetro Oito e Meio (14b): de maneira semelhante à drenagem (14a), também este curso d’água mostra dois trechos anômalos: o primeiro, entre as cotas 380 e 430, está em soerguimento, e, o segundo, abaixo da cota 340, está em subsidência, com possível limite-montante marcado por zona de falha (Folha topográfica Presidente Bernardes).



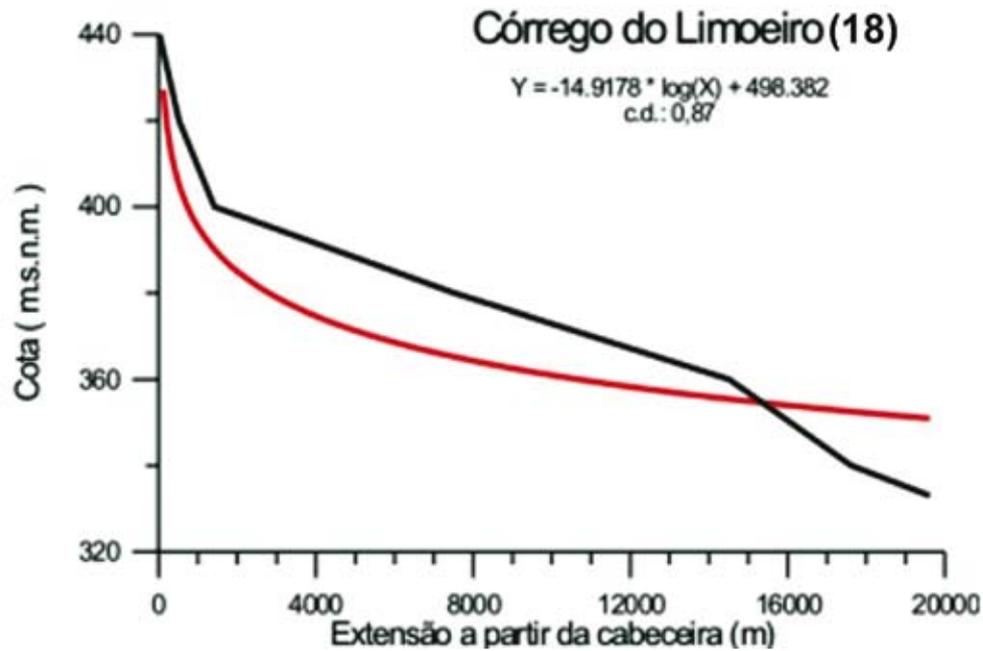
A15 – Perfil longitudinal do Córrego Santa Luzia (15): drenagem sem anomalias em seu perfil (Folha topográfica Presidente Bernardes).



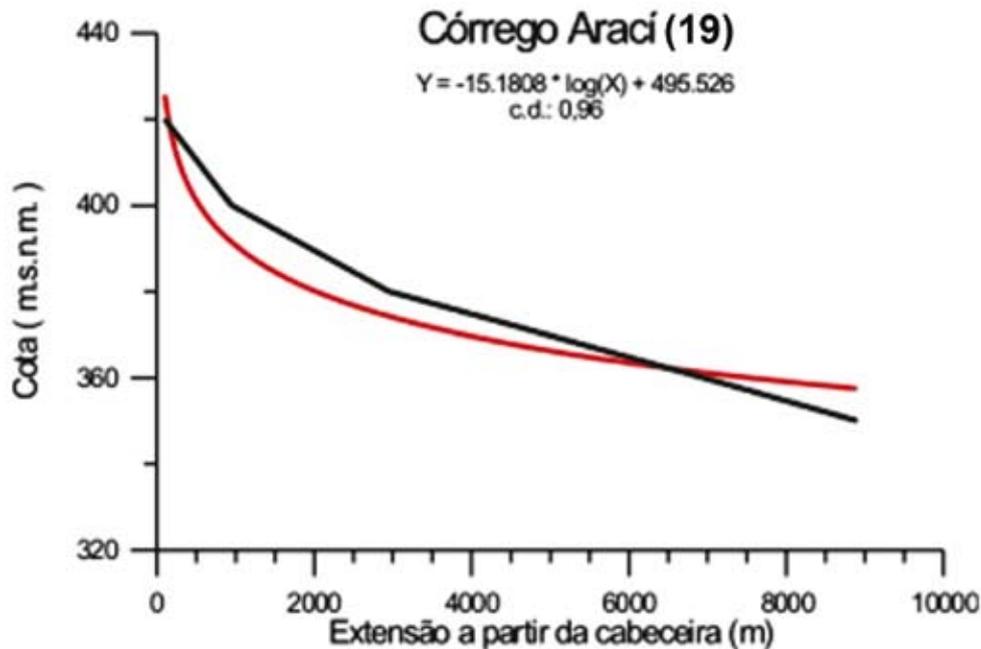
A16 – Perfil longitudinal do Córrego Brejão do Guaiçarinha (16): esta drenagem exibe um trecho anômalo, em soerguimento, entre as cotas 370 e 420, bem como um trecho em subsidência, abaixo da cota 335, com possibilidade de zonas de falha nas proximidades da cabeceira e no entorno dos quilômetros 10-11, contados a partir da nascente (Folhas topográficas Presidente Prudente e Presidente Bernardes).



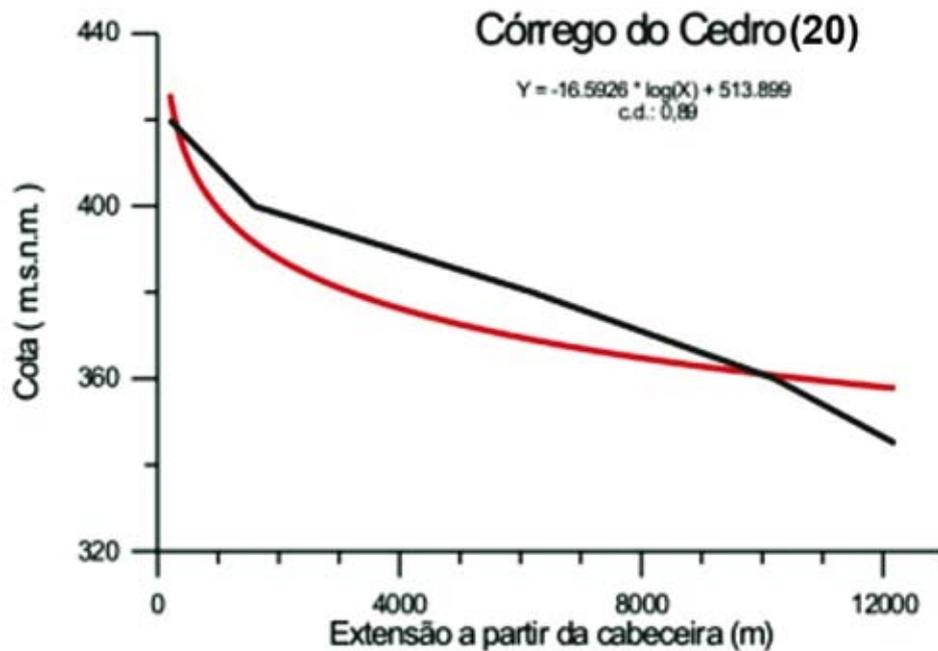
A17 – Perfil longitudinal do Córrego do Lajeado (17): perfil equilibrado, sem anomalias (Folhas topográficas Pirapozinho e Presidente Prudente).



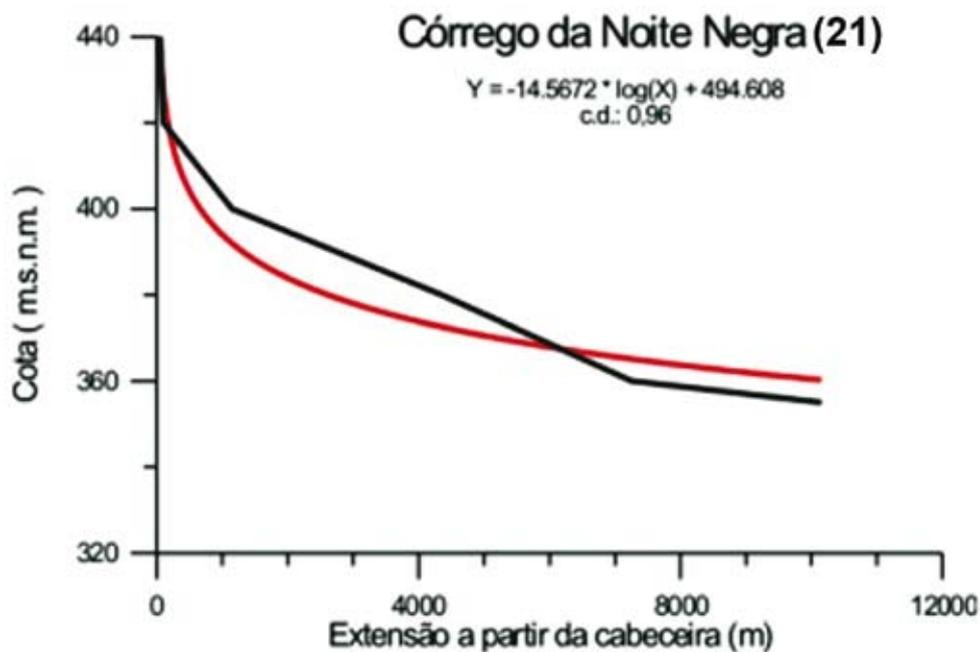
A18 – Perfil longitudinal do Córrego do Limoeiro (18): contrariamente ao perfil da drenagem (17), este curso d’água mostra-se bastante anômalo, com um longo trecho em soerguimento (desde a cota 370 até praticamente a nascente) e o baixo curso em processo de subsidência (abaixo da cota 340); ressaltando-se, também, a possibilidade de uma zona de falha no alto curso (1-1,5 km da cabeceira) (Folhas topográficas Presidente Prudente e Presidente Bernardes).



A19 – Perfil longitudinal do Córrego Araci (19): apresenta um trecho anômalo, entre as cotas 385 e 400, que se mostra como uma área de soerguimento, com possibilidade de estar limitada por zona de falha no extremo montante (Folhas topográficas Pirapozinho e Presidente Prudente).



A20 – Perfil longitudinal do Córrego do Cedro (20): perfil com dois trechos anômalos: o primeiro, entre as cotas 375 e 400, mostra-se em processo de soerguimento, com possibilidade de estar limitado por zona de falha no extremo montante, e, o segundo, abaixo da cota 350, que se encontra em subsidência (Folha topográfica Presidente Prudente).



A21 – Perfil longitudinal do Córrego da Noite Negra (21): mostra um trecho em processo de soerguimento (entre as cotas 380 e 400), bem como duas possíveis zonas de falha, uma próxima ao quilômetro 1 e outra nas proximidades do quilômetro 7, ambos contados a partir da cabeceira (Folhas topografias Pirapozinho e Presidente Prudente).