

CONDICIONAMENTO ESTRUTURAL PROGRESSIVO DA CALHA DO RIO ATIBAIA ENTRE AS CIDADES DE ATIBAIA E JARINÚ (SP), ATRIBUÍVEL A NEOTECTÔNICA

MONTEIRO-DA-COSTA, P. S.¹

¹Universidade Federal de Uberlândia – Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Bloco H, Instituto de Geografia, CEP 38408-902, Uberlândia, MG – Fone/Fax: (34) 3239-4201 – e-mail: paulo.smc@ig.com.br

VITTE, A. C.²

²Universidade Estadual de Campinas – Rua João Pandiá Calógeras, 51, Cidade Universitária, Barão Geraldo, Instituto de Geociências, Caixa Postal 6152, CEP 13083-970, Campinas, SP – Fone: (19) 3788-4567 – e-mail: vitte@uol.com.br

RESUMO

A presente pesquisa, parte de um projeto maior, teve por objetivo contribuir para a compreensão dos efeitos da neotectônica presentes na área urbana de Atibaia (SP) e suas adjacências. O vale dos rios Atibaia e Atibaíinha destacam-se pela aparência característica de *graben*, que se inicia a jusante da represa de Nazaré Paulista e segue até próximo à cidade de Jarinú. Percorrendo sua várzea fora do centro e com vertentes assimétricas, seu trajeto parece confirmar não só o adernamento da calha para norte, com desvio brusco intermediário para sul, assim como apresenta suaves oscilações altimétricas que o fazem meandrar mais ou menos ao longo do trecho, assim como encaixar-se pouco a pouco às estruturas de falhas e fraturas nordeste-sudoeste, noroeste-sudeste, norte-sul e leste-oeste. Para o estudo, trabalhou-se basicamente no segundo nível metodológico definido por Ab'Saber (1969), buscando-se a interface com os demais níveis, embora os detalhes do presente estudo se tenham amparado nos trabalhos de Sternberg (1957) e Leeder & Alexander (1987). É notável a existência de outras anomalias na área, envolvendo perfis de córregos, reentalhe de terraços e alvéolos, capturas de rios, desnivelamento ou remanejamento de depósitos cenozóicos e falhamento afetando coberturas pleistocênicas. Considerando também o fato de que é atribuída idade holocênica para as várzeas fluviais do Estado de São Paulo e os sinais de movimentação da calha sinalizam para um processo de adernamento relativamente rápido, seguido de acomodação do leito fluvial às estruturas da área, é lícito supor que neotectônica pleisto-holocênica esteja reafeiçoando a área.

Palavras-chave: Geomorfologia, neotectônica, drenagem, meandros, Atibaia (SP)

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa foi realizada como suporte a um projeto maior, que teve por objetivo contribuir para a compreensão dos efeitos da neotectônica presentes na área urbana de Atibaia (SP) e suas adjacências.

O vale dos rios Atibaia e Atibaíinha, seu formador, destacam-se pela sua aparência característica de *graben*, que se inicia logo a jusante da represa de Nazaré Paulista e segue até adiante da represa do bairro da Usina, entre Atibaia e Jarinú.

As colinas de entorno do rio Atibaia apresentam diferença contrastante, mostrando vertentes abruptas na margem direita (N) e suavemente inclinadas na margem esquerda (S), sugerindo um *hemigraben* que condiciona o rio no sentido leste-oeste, ao invés de

¹ Professor mestre do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, MG.

² Professor doutor do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, SP.

superimpô-lo as grandes falhas transcorrentes de nordeste-sudoeste que cortam toda a região.

Também os sutis detalhes de seu trajeto parecem confirmar não só o adernamento da calha para norte, com desvio brusco intermediário para sul junto à rodovia Fernão Dias, mas ainda suaves oscilações altimétricas que o fazem meandrar mais ou menos ao longo do trecho, assim como encaixar-se pouco a pouco às estruturas de falhas e fraturas nordeste-sudoeste, noroeste-sudeste, norte-sul e leste-oeste. Além disso, o deslocamento dos meandros de forma mais ou menos caótica, parece indicar um adernamento recente da calha, provavelmente de forma mais para rápida do que para lenta, segundo Leeder & Alexander (1987).

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde ao trecho do rio Atibaia situado entre as cidades de Atibaia e Jarinú (SP), delimitado aproximadamente pelas coordenadas 23°05'30" e 23°07'00" S e 46°30'00" e 46°37'30" W. (**Figura 1**).

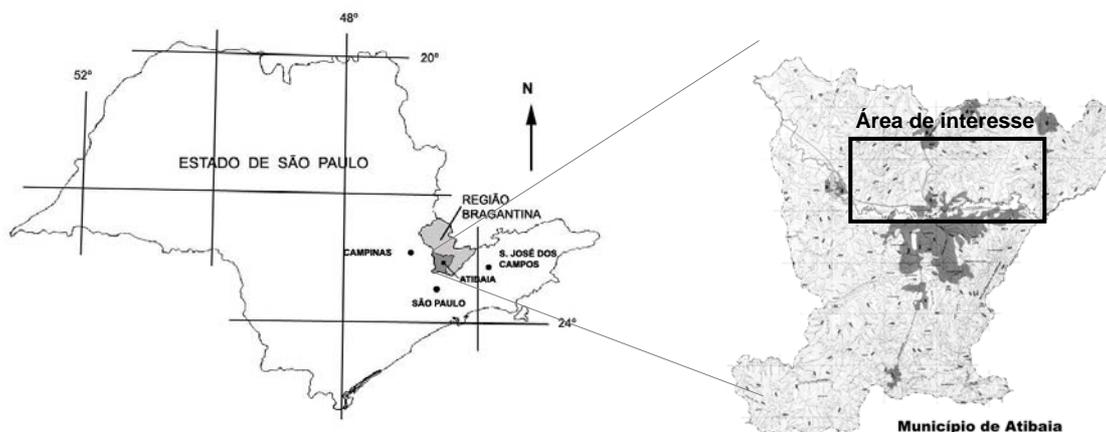


Figura 1: Localização geográfica relativa da área de interesse da pesquisa.
(A partir de Monteiro-da-Costa, 2002 e Silva, 2000, sem escalas definidas)

O município insere-se na zona cristalina da Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, com substrato predominante de idade proterozóica, composto por granitos, gnaisses e xistos, além de coberturas alúvio-coluviais consideradas de pliocênicas a holocênicas. A área é entrecortada por falhas transcorrentes e normais, ocorridas a partir do Cretáceo, que fazem parte da cinturão orogênico do Atlântico (**Figura 2**), situando-se também entre importantes zonas sismogênicas brasileiras (**Figuras 3**). Embora os falhamentos de direção nordeste-sudoeste estejam bem mapeados (Oliveira *et al*, 1985,

CPRM, 1991), falhas de direção noroeste-sudeste, norte-sul e leste-oeste são apenas parcialmente inferidas por Oliveira *et al* (1985), Bistrichi (2001) e Monteiro-da-Costa (2005).

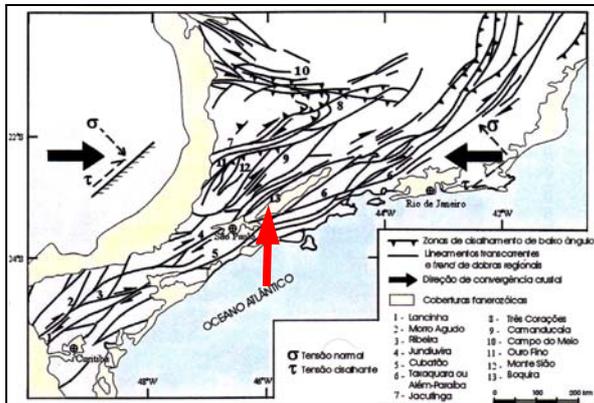


Figura 2: Principais falhamentos do sudeste brasileiro e cinemática das zonas de cisalhamento transcorrentes. (Fonte: Ebert & Hasui, 1998, *apud* ↑ Ferreira, 2001)

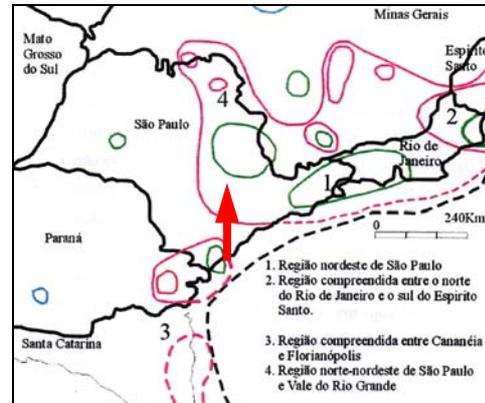


Figura 3: Zonas sismotectônicas do sudeste brasileiro. (Fonte: Mioto & Hasui, 1982, *apud* Ferreira, 2001)
Área de interesse

A morfoescultura da área apresenta relevo montanhoso, com altitudes acima de 1400 m, contrastado com áreas de relevo suavizado, compostas pelas várzeas do rio Atibaia e alguns de seus afluentes, em níveis próximos dos 740 m, contornadas por colinas baixas ou mamelonares entre 800 e 900 m. Nas adjacências do perímetro urbano as colinas são suaves, com vertentes retilíneas e assimétricas (**Figura 4**).



Figura 4: Vista E-W da várzea do rio Atibaia em 1º plano, com as colinas de Atibaia em 2º plano e a serra de Itapetinga ao fundo. (Fonte: Monteiro-da-Costa, 2005)

O rio Atibaia forma-se pela confluência em Bom Jesus dos Perdões dos rios Cachoeira e Atibaíinha. No trecho em estudo seu vale encaixa-se sub-transversalmente ao falhamento transcorrente predominante, com o rio correndo de leste para oeste. Apresenta larga planície aluvionar com aproximadamente 1 km de largura, onde corre deslocado de seu centro, e margens com vertentes assimétricas (**Figura 5**).

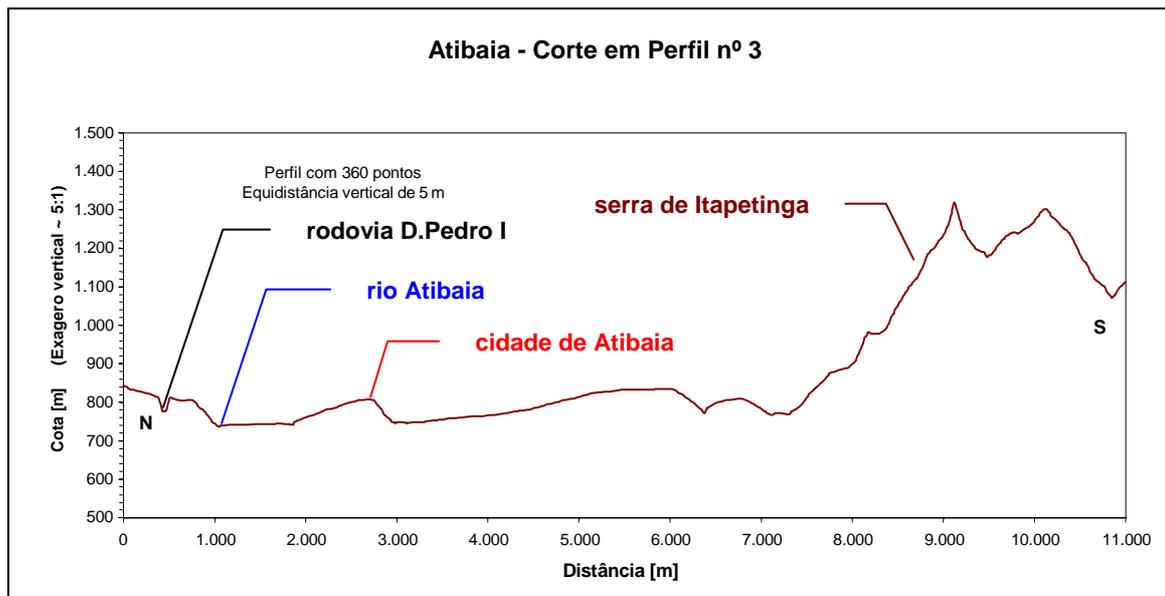


Figura 5: Corte em perfil, sentido N-S, mostrando a várzea do rio Atibaia com o mesmo deslocado de seu centro para norte, em provável hemigraben. (Fonte: Monteiro-da-Costa, 2005)

METODOLOGIA

Ao longo da pesquisa do projeto principal trabalhou-se basicamente no segundo nível metodológico definido por Ab'Saber (1969), buscando-se a interface com os demais níveis, embora os detalhes do presente estudo se tenham amparado nos trabalhos de Sternberg (1957) e Leeder & Alexander (1987).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Oliveira *et al* (1985) definiram o rio como superimposto, com traçado transversal às estruturas nordeste-sudeste, estágio senil e intensas meandreações, com pequenas bacias, braços mortos e paleolagos, facilmente observáveis em fotografias aéreas (Almeida, 1964).

Verifica-se que atualmente o rio Atibaia tem um curso sinuoso com meandramento apenas parcial, escassos meandros abandonados ainda não preenchidos visíveis nas cartas utilizadas (escala 1:10.000) e bruscas inversões de sentido, formando cotovelos e volteios anômalos. O curso busca o centro da várzea em apenas dois trechos, um dos quais mostra meandramento verdadeiro³ atualmente não muito desenvolvido. Os trechos a montante e jusante apresentam-se menos sinuosos, mas com características típicas de condicionamento estrutural, como apresentado em trabalho de Sternberg (1957) (**Figura 6**).

³ Sternberg (1957) define um rio meandrante como aquele que possui traçado coleante, modelando sua calha em terrenos aluvionares e descrevendo curvas em forma de "S", por meio de um processo contínuo de erosão e deposição, transferindo materiais das margens côncavas para as convexas a jusante. Para ele, o aspecto apenas sinuoso não caracteriza um curso d'água como meandrante, mas pode indicar influência estrutural. Os chamados meandros encaixados resultam de processos distintos dos verdadeiros processos de meandramento, diretamente vinculados ao aluvionamento.



Indícios de padronagem ortogonal (aproximadamente NE-SW e NW-SE) na rede de Cursos d'Água, no Pantanal de Mato Grosso. Excerto de mapa, inédito, da Comissão Mista Demarcadora de Limites Brasil-Paraguai na escala de 1:30.000. Região: Deslocamento de Curitiba-Loppe Utrecht, folha 21, região das Pântanos.

Figura 6: Exemplo de drenagem com condicionamento estrutural. (Fonte: Sternberg, 1957)

A montante do trecho meandrante, o curso segue encostado às vertentes abruptas da margem direita a norte, enquanto à jusante alterna de posição. O padrão do condicionamento estrutural varia bastante, com predominância para direções noroeste-sudeste e nordeste-sudoeste, mas também norte-sul e leste-oeste. Por outro lado, fotos aéreas (escala aproximada 1:25.000) mostram sinais de muitos meandros abandonados preenchidos por sedimentos, ocupando a maior parte da várzea e preferencialmente pouco orientados, indicando provável adernamento rápido da calha, segundo as indicações de Leeder & Alexander (1987) e Keller & Pinter (1996) (**Figura 7**).

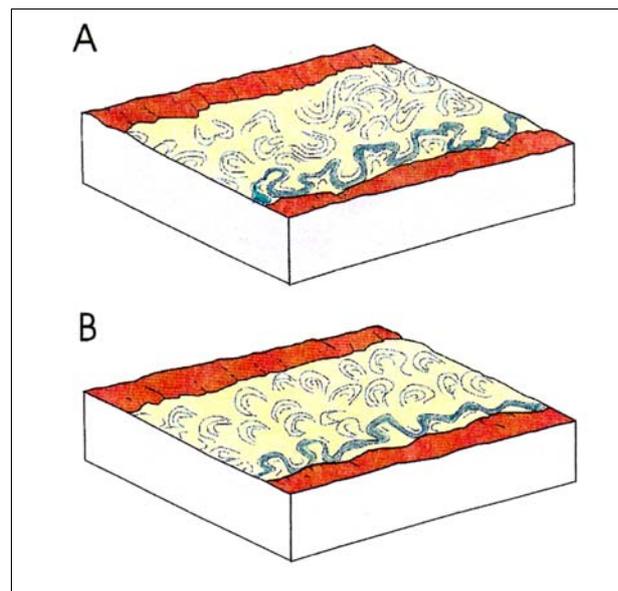


Figura 7: Efeito de basculamento de bloco sobre canal meandrante:

- A) basculamento rápido, deixando sinais de meandros abandonados sem orientação preferencial;
- B) basculamento lento, deixando meandros com orientação preferencial.

(Fonte: Leeder & Alexander, 1987 e Keller & Pinter, 1996, *apud* Ferreira, 2001 e Monteiro-da-Costa, 2005)

Uma comparação direta pode ser feita entre os fragmentos das fotografias aéreas (escala aprox. 1:25:000) (Gov.Est.S.Paulo, 1962) e os fragmentos das cartas topográficas (escala 1:10.000) para três trechos de montante para jusante (leste para oeste) (**Figuras 8, 9, 11, 12, 13 e 14**), interpretadas de acordo o modelo apresentado por Sternberg (1957) a partir dos mapas geológicos (Oliveira *et al*, 1985 e CPRM, 1991), topográficos (IGGSP, 1971 e Gov.Est.S.Paulo, 1979) e hipsométrico da área (Monteiro-da-Costa, 2002).

Nota-se nos trechos em destaque não somente o deslocamento do rio para junto de supostas escarpas de falha da área norte, quanto a alteração nas características do meandramento. É perceptível também o fato de que os meandros mais recentes acumulam-se em certos trechos, provavelmente afetados por pequenas soleiras controladas por falhas. Um bom exemplo disso ocorre no canto esquerdo da **figura 8**. Nessa zona atravessa um importante ramo de falha transcorrente de direção nordeste-sudoeste.



Figura 8: Fragmento de foto aérea mostrando o rio Atibaia no trecho Guaxinduva-Ressaca, com destaque de área de estudo comparativo. (Fonte: Gov.Est.S.Paulo, 1962)

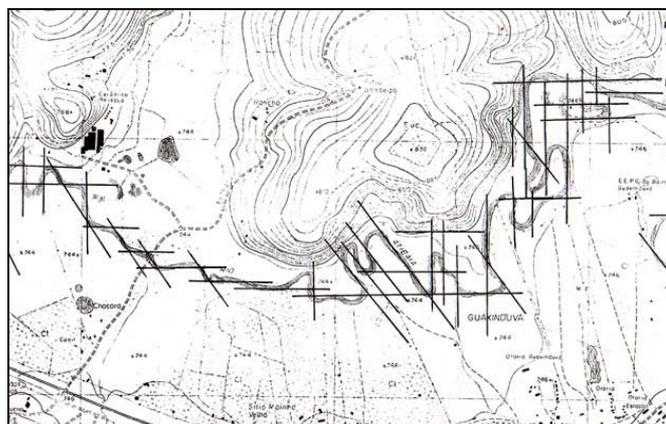


Figura 9: Fragmento de carta topográfica mostrando o rio Atibaia no trecho Guaxinduva-Ressaca, com interpretação de condicionamento estrutural. (Fonte: Gov.Est.S.Paulo, 1979)



Figura 10: Falha normal junto à elevação com face escarpada mostrada na seta A da figura 8. (Fonte: Monteiro-da-Costa, 2005)

A elevação em formato triangular no canto superior esquerdo (**seta A**), e onde se situa a falha mostrada na **figura 10 (seta D)**, apresenta nítido abatimento vertical quando observada em estereoscopia. Outro ponto de retenção de meandros localiza-se à direita (**seta B**). Volteios do tipo indicado dentro da **marca oval C** são característicos de condicionamento estrutural, não de meandramento verdadeiro.

Também no trecho da **figura 11**, ainda parcialmente meandrante, os meandros mais recentes acumulam-se na zona até a **seta E**, quando o rio faz um brusco cotovelo em direção noroeste, voltando depois em direção sudoeste, cruzando a rodovia e invertendo sua posição em relação ao centro da várzea.



Figura 11: Fragmento de foto aérea mostrando o rio Atibaia no trecho Ressaca-Ponte, com destaque de área de estudo comparativo. (Fonte: Gov.Est.S.Paulo, 1962)

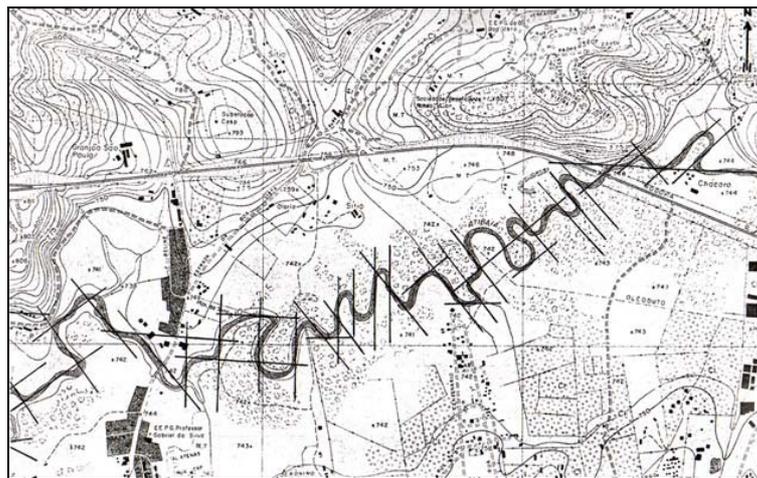


Figura 12: Fragmento de carta topográfica mostrando o rio Atibaia no trecho Ressaca-Ponte, com interpretação de condicionamento estrutural. (Fonte: Gov.Est.S.Paulo, 1979)

Na **figura 13** notam-se os meandros acumulados na zona à esquerda, a partir do cotovelo que caracteriza o início da Zona de Falha de Estrema (**seta F**), também transcorrente e de direção nordeste-sudoeste.



Figura 13: Fragmento de foto aérea mostrando o rio Atibaia no trecho Caetuba-Usina, com destaque de área de estudo comparativo. (Fonte: Gov.Est.S.Paulo, 1962)

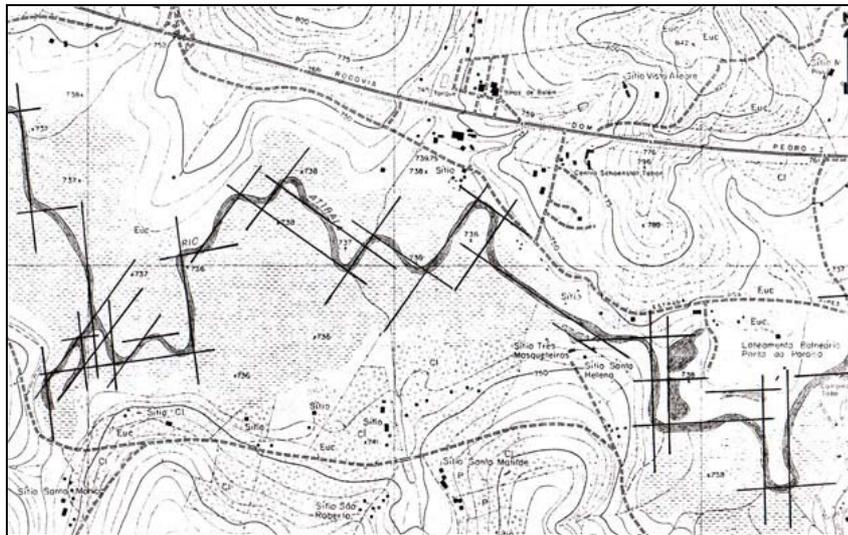


Figura 14: Fragmento de carta topográfica mostrando o rio Atibaia no trecho Caetuba-Usina, com interpretação de condicionamento estrutural. (Fonte: Gov.Est.S.Paulo, 1979)

CONCLUSÕES

Em primeiro lugar, é notável a existência de outras anomalias na área, envolvendo perfis de córregos, reentalhe de terraços e alvéolos, capturas de rios, desnivelamento ou remanejamento de depósitos cenozóicos e falhamento afetando coberturas pleistocênicas, descritas por Oliveira *et al* (1985), Bistrichi (2001) e Monteiro-da-Costa (2005).

Considerando o fato de que é atribuída idade holocênica (5.000-6.000 anos AP) para as várzeas fluviais do Estado de São Paulo (Ab'Saber, 2005) e os sinais de movimentação da calha sinalizam para um processo de adernamento relativamente rápido, seguido de acomodação do leito fluvial às estruturas da área, é lícito supor que neotectônica pleisto-holocênica esteja reafeiçoando a área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. A história da vegetação de São Paulo. In: *Scientific American – Brasil*. São Paulo: Ediouro / Duetto, ano 4, nº 38, Observatório, jul/2005, p.98.
- AB'SABER, Aziz Nacib. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. São Paulo: USP-IG, 1969, pp.1-23.
- ALMEIDA, F.F.M. de. II - Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: *Geologia do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico – IGG, Boletim nº 41, 1964, pp.167-263.
- BISTRICHI, Carlos Alberto. Análise estratigráfica e geomorfológica do Cenozóico da região de Atibaia-Bragança Paulista, Estado de São Paulo. Rio Claro: UNESP-IGCE, (tese de doutoramento), 2001, 184p.+ Anexos.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais –; CHIEREGATI, L.A. (Compilação). *Projeto Integração Geológica da Região Metropolitana de São Paulo – Mapa Geológico: Folha Atibaia*. São Paulo: CPRM, Escala 1:50.000, 1991 (mapa, anexo de relatório interno, inédito).
- EBERT, H.D.; HASUI, Y. Transpressional tectonics and strain partitioning during oblique collision between three plates in the Precambrian of south-east Brazil. In: R.E.HOLDSWORTH; S.H.STRACHAN & J.F.DEWEY (Eds.) *Continental Transpressional and Transtensional Tectonics*. London: Geological Society, Special publication, 135, 1998, pp.231-253.
- FERREIRA, Marta Felícia Marujo. *Geomorfologia e Análise Morfotectônica do Alto Vale do Sapucaí – Pouso Alegre (MG)*. Rio Claro: UNESP-IGCE, (Tese de Doutorado), 2001, 276p.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Fotografias aéreas em escala aproximada 1:25.000*. São Paulo: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo-IA, foto-índice O-M, região 7, 1962.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Plano Cartográfico do Estado de São Paulo: Atibaia I*. São Paulo: SEPLAN-Coordenadoria de Ação Regional-DG, Folha SF-23-Y-C-III-2-NE-E, 081/106, Escala 1:10.000, 1979.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Plano Cartográfico do Estado de São Paulo: Atibaia II*. São Paulo: SEPLAN-Coordenadoria de Ação Regional-DG, Folha SF-23-Y-C-III-2-NE-F, 081/107, Escala 1:10.000, 1979.

- IGGSP, Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo –. *Folha Topográfica de Atibaia*. São Paulo: IGGSP, Região Sul do Brasil – 1:50.000, Folha SF-23-Y-C-III-2, 1ª edição, 1971.
- KELLER, Edward A.; PINTER, Nicholas. *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Prentice-Hall Earth Science Series, 1996, 338p.
- LEEDER, M.R.; ALEXANDER, J. The origin and tectonic significance of asymmetrical meander-belts. In: *Sedimentology*. V. 34, 1987, pp.217-226.
- MIOTO, J.A.; HASUI, Y. Aspectos da estabilidade sismotectônica do sudeste brasileiro de interesse à geologia de engenharia. In: *Anais do 32º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*. Salvador: ABGE, V. 4, 1982, pp.1.652-1.659.
- MONTEIRO-DA-COSTA, P.S. *Contribuição ao estudo dos depósitos alúvio-colúviais da cidade de Atibaia (SP) – relações morfoesculturais, morfoestruturais e morfoclimáticas*. Campinas: UNICAMP-IG-DGEO, dez/2002, 95p.+ 11 anexos (Monografia).
- MONTEIRO-DA-COSTA, P.S. *Relações entre a neotectônica e o colúvionamento no Município de Atibaia (SP)*. Campinas: IG-UNICAMP, (Dissertação de Mestrado), 2005, 2 vol.
- OLIVEIRA, M.A.F. de; MORALES, N.; FÚLFARO, V.J.; CAMPOS, E.G. (Coord.). *Projeto Atibaia: geologia da quadrícula de Atibaia*. São Paulo: UNESP-SICCT, Relatório Final, 1985, 117p.
- SILVA, Wanderlei Sergio da. *Identificação de unidades ambientais no Município de Atibaia – SP*. São Paulo: USP-FFLCH-DG, 2000, 158p. (13 mapas).
- STERNBERG, Hilgard O'Reilly. A Propósito de Meandros. In: *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro: IBGE-CNG, Ano XIX, nº 4, out-dez/1957, pp.99-121 (477-499) (Separata).