

MONITORAMENTO DE FORMA DE EROÇÃO ACELERADA NO CÓRREGO
TUCUNZINHO, NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO (SP-BR)

MIGUEL CEZAR SANCHEZ*
IANDRA ALVES MENDES*
MARIA ISABEL CASTREGHUNI DE FREITAS*
ANTONIO VITÓRIO LORENZON FILHO**

BOLETIM DE GEOGRAFIA TEORÉTICA, 16-17(31-34) 276-284, 1986-1987
(I ENCONTRO DE GEOGRAFOS DA AMERICA LATINA)

As fotografias aéreas representam, ainda hoje, o produto de sensoriamento remoto mais utilizado para fins de mapeamento, a pesar de ser o mais antigo. Qualquer trabalho que envolva a organização do espaço, seja enfatizando as condições ambientais, seja relacionado a atividade humana e o meio, não pode prescindir da fase de diagnóstico. De fato, qualquer projeto tem como ponto de partida o conhecimento da realidade atual para, em seguida, entendendo o funcionamento das relações homem-meio, prognosticar. Para isso, a Fotointerpretação pode desempenhar um papel de importante técnica, funcionando como recurso capaz de cobrir as necessidades de mapeamentos em várias datas julgadas de interesse.

Diagnósticos realizados em várias épocas podem contribuir para análises espaço-temporais, nas quais é possível detectar as tendências de comportamentos apresentados pelos vários itens de interesse.

A grande restrição representada pela Fotointerpretação está na falta de atualização dos vôos aerofotogramétricos. Se de um lado as imagens de satélites têm a grande vantagem de menor periodicidade (Landsat-5 APRESENTA UM CICLO DE 16 dias), têm contra si o poder de resolução espacial ainda muito limitante, o que impossibilitava sua utilização em trabalhos de detalhes, como é o caso do mapeamento de processos geomorfológicos e formas de grande e média escalas.

1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Na bacia do Córrego Araquá, afluente do rio Piracicaba, uma das artérias hidrográficas das mais importantes do Estado de São Paulo, desenvolvem-se extensas formas de erosão acelerada denominadas voçorocas ou boçorocas. O processo erosivo se inicia com a concentração das águas do escoamento superficial formando inicialmente sulcos erosivos que evoluem para ravinas. A partir do momento que o trabalho de entalhe efetuado pelas águas pluviais atinge o nível do lençol frático, vem-se a voçoroca propriamente dita.

* Departamento de Planejamento Regional do IGCE, UNESP, Campus de Rio Claro (SP), Brasil.

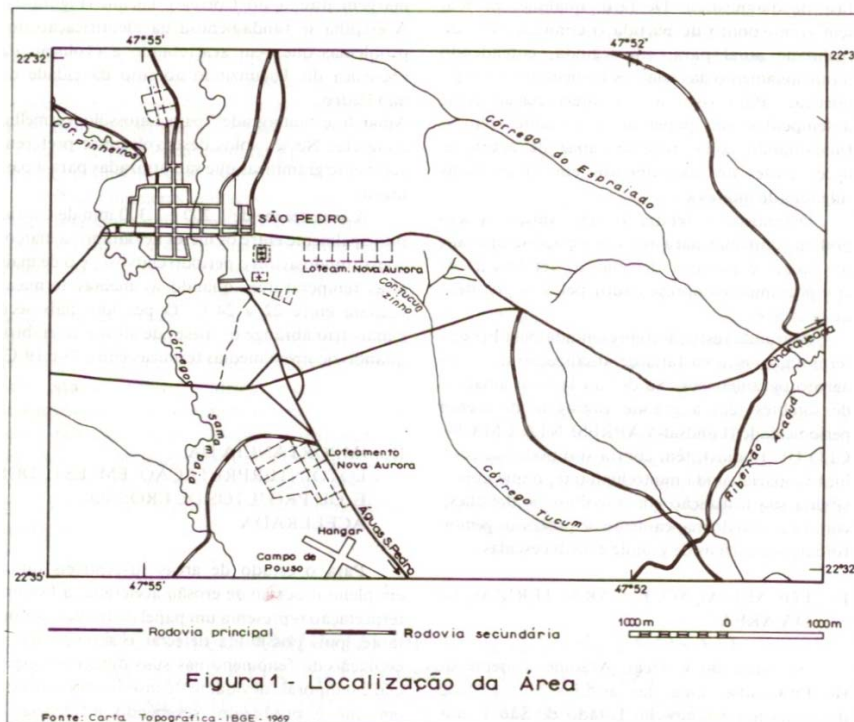
** Departamento de Engenharia e Transportes da Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, Limeira (SP) Brasil.

A conjugação das dinâmicas das águas superficiais e das águas subterrâneas possibilita uma tão rápida remoção do material que impede o desenvolvimento de uma cobertura vegetal que exerceria uma proteção à superfície do solo. Em virtude desta dinâmica intensa é que estas formas são conhecidas como formas de erosão acelerada.

Dentre os diversos canais fluviais que compõem a bacia do Córrego Araquá que apresentam voçorocas, foi escolhido para o acompanhamento da evolução da forma erosiva, o Córrego Tucunzinho, sub-afluente do Araquá e afluente pela margem direita do Córrego Tucum (Figura 1). A escolha se fundamentou na identificação dos problemas que vêm acarretando a evolução da voçoroca do Tucunzinho ao sítio da cidade de São Pedro.

Amarelo e "integridade" para Latossolo Vermelho Amarelo. Nesses solos desenvolvem-se preferencialmente gramíneas que são utilizadas para a pastagem.

A área de 1.200 a 1.300 mm de chuva principalmente entre os meses de outubro a março, constituindo assim o período chuvoso, e o de mais altas temperaturas, quando as médias térmicas oscilam entre 22 a 24°C. O período mais seco e mais frio abrange os meses de abril a setembro, quando ocorrem médias térmicas entre 18 e 19°C.



II. IMPORTANCIA DA FOTOINTERPRETAÇÃO EM ESTUDIOS E/OU PROJETOS FE EROSÃO ACELERADA

Para o estudo de áreas susceptíveis ou já em pleno processo de erosão acelerada, a Fotointerpretação representa um papel de técnica importante, pois possibilita detectar e acompanhar a evolução do fenômeno nas suas dimensões espacial e temporal, devidamente inserido no contexto em que é produzido, recebendo influências e influenciando.

Para o monitoramento de áreas submetidas a intensos processos de erosão acelerada é de fundamental importância o mapeamento dos canais onde circula a água de modo permanente, bem como da área afetada por pequenos sulcos e ravinas onde o escoamento é ocasional. Para análise e entendimento dos processos que geram formas de erosão acelerada é de grande importância o mapeamento ao longo do tempo das classes de uso do solo, tanto rural quanto urbano da área adjacente ao voçoramento. Para a execução dessa tarefa escolheu-se o mapeamento das situações documentadas em 1962 e 1978, através de fotografias aéreas que representam as datas mais antigas e mais recente disponíveis. As fotos de 1962 estão na escala de 1:35 000.

Localizada aproximadamente entre 22°33' e 22°35'S e 45°52' e 47°54'W, a área em estudo faz parte da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo ali encontradas litologias relativas às Formações Pirambóia e Botucatu, do Jurássico-Cretáceo (Coutard et alii, 1978), e a formação Rio Claro do Neocenoico (Fúlfaro et Suguio, 1968).

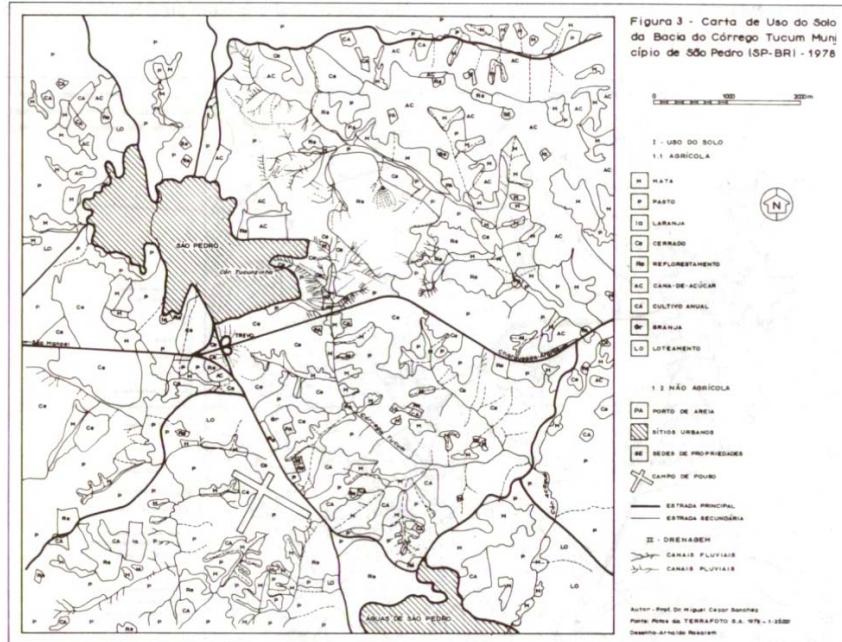
A Formação Pirambóia é representada por uma sucessão de camadas arenosas de origem fluvial. Essas areias apresentam cor avermelhada, granulação média e fina, com fração argilosa maior na parte inferior da Formação, ocorrendo localmente na parte superior arenitos grossos e conglomeráticos (IPT, 1981A).

Depositada sobre a formação Pirambóia, a Formação Botucatu constitui-se predominantemente de arenitos de origem eólica. Apresenta granulação fina a média, com boa seleção. Nas partes mais baixas do pacote podem ser identificados arenitos heterogêneos de granulação média a grossa, passando a arenitos conglomeráticos (IPT, 1981a).

Superpondo-se à Formação Botucatu, a Formação Rio Claro caracteriza-se pela presença de sedimentos arenosos e areno-argilosos e mal consolidados. Para Fúlfaro e Suguio (op.cit.) a referida Formação teria se originado em ambiente fluvial, representando sua seqüência superior uma desorganização da rede de drenagem sob imposição tectônica. Para Bjorberg e Landim (1966) o limite da Formação Rio Claro é marcado pela presença de caselheiras.

Conforme a Divisão Geomorfológica do Estado de São Paulo proposta pelo IPT (1981b), a área está posicionada na Depressão Periférica, na zona do Médio Tietê. É caracterizada pela presença de colinas médias, onde predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 Km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade e padrão sub-retangular.

como pode ser observado nas figuras 4 e 5 referentes ao vale do Córrego Tucunzinho.



A orientação dos pares de fotografias no restituidor foi feita através da orientação Interiores e Exteriores, as quais possibilitara, a formação do modelo estereoscópico do terreno.

Após esta etapa inicial efetuou-se a restituição, nas escalas de 1:10.000 Para as fotos de 1978 e 1:5.000 para as fotos de 1962 (Figura 5a). o modelo restituído na escala 1:10.000 foi posteriormente ampliado no mesmo instrumento para a escala de 1:5.000 (Figura 5b).

Procedeu-se de forma a obter o maior número de informações possíveis, enriquecendo o traçado da voçoroca através da identificação de sulcos erosivos, detalhando a vegetação e a ocupação humana representada nas fotografias aéreas. Efetuou-se o traçado das curvas de nível com espaçamento de 5 metros para 1978, o mesmo não ocorrendo para 1962, devido á ausência de pontos de controle altimétricos confiáveis para esta data.

3.2. Levantamento Topográfico

A fim de identificar o estágio atual da voçoroca do Tucunzinho foram efetuados trabalhos de campo que podem ser divididos em duas etapas.

Na primeira foi elaborado o nivelamento geométrico, utilizando-se do nível automático WILD no eio da voçoroca, que foi demarcado com qipquetes de madeira em distâncias determinadas pelas sinuosidades e micro-relevos

existentes no talvegue; na segunda etapa foi efetuado o levantamento topográfico de oxeio nivelado, bem como a planta da forma erosiva constituída pelo vale do Tucunzinho e suas ramificações.

Este levantamento foi feito através do teodolito KARL ZEISS OBSERKOCHEM Th 42 e possibilitou o traçado de perfis longitudinais (Figura 4). A planta da voçoroca encontra-se em fase de elaboração.

IV. AS TRANSFORMAÇÕES NO USO DO SOLO E AS IMPLICAÇÕES MORFOLÓGICAS

4.1. As Classes de Uso do Solo

Com a finalidade de avaliar as transformações ocorridas na ocupação do solo e como essas transformações contribuíram para acelerar o processo erosivo, foram mapeadas as seguintes classes de uso do solo:

a) Uso do Solo Agrícola

- Cultivos permanentes (café, laranja, abacate, manga).
- Cultivos semi-permanente (cana-de-açúcar);
- Cultivos temporários (restos de cultivos, solo nú ou preparado para o cultivo);
- Pastagens
- Silvicultura
- Maytas, capoeiras e matas-galeria
- Cerrado
- Granjas;

b) Uso Não Agrícola:

- Áreas urbanizadas;
- Chácaras e loteamentos;
- Sedes de propriedades rurais;
- Portos de areia.

4.1.1. A Situação em 1962

Considerando-se a área constituída pelas bacias hidrográficas dos corrégos Tucunzinho e Tucum, verificou-se que as classes predominantes de uso do solo eram: pastagens e de má qualidade constituídas por variedade de gramíneas semiespontâneas, onde há o predomínio de capim gordura ou catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), entremeado por trufos vegetais representados por capim barda-de-bode (*Aristida pallens*), leiteiro (*Peschiera affinis*), bastimão (*Stryplindendrom barbatimão*), etc. A segunda classe em área era representada pela vegetação de cerrado, constituindo o que se convencionou chamar de cerradinho devido ao pequeno porte das espécies existentes. A terceira categoria em área é representada pela silvicultura, aparecendo o cultivo de eucaliptos. As

áreas com matas, capoeiras e matas galerias constituem também uma classe significativa para 1962, já as áreas destinadas aos cultivos anuais são pouco significativas no conjunto das áreas das duas bacias hidrográficas, as demais classes de solo são praticamente inexistentes em 1962.

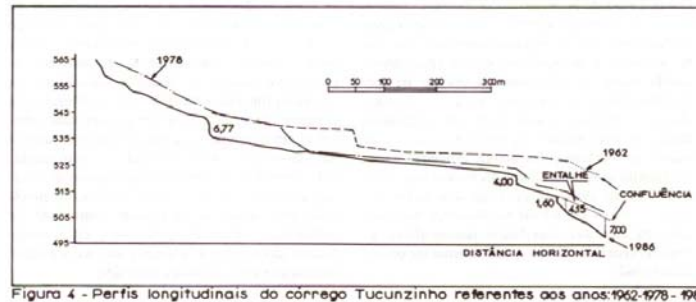


Figura 4 - Perfis longitudinais do córrego Tucunzinho referentes aos anos: 1962-1978-1986

Com relação aos processos geomorfológicos, já eram observadas nas altas encostas marcas de escoamento difuso incipiente que se tornavam mais evidenciadas à medida em que eram atingidas as médias encostas. Nas médias e baixas encostas já eram nítidos sulcos e ravinas indicadores da concentração do escoamento. No caso específico do Córrego do Tucunzinho, os sulcos e ravinas localizavam-se, principalmente, na margem direita, havendo nítida evidência de voçoramento no leito principal. Enquanto que os afluentes da margem esquerda do Tucum tinham suas cabeceiras emolduradas pela estrada de terras que ligava os municípios de São Pedro e Charqueada, o Tucunzinho apresentava-se distanciando de estradas e do sítio urbano, sendo totalmente envolvido por pastagens. A Grande quantidade de sedimentos identificados no leito do Córrego Tucum demonstrava o dinamismo da atividade erosiva que se processava a montante.

4.1.2. A Situação em 1978

No que se refere às classes de uso do solo rural, essas permanecem em 1978 praticamente na mesma ordem encontrada em 1962. No entanto, algumas transformações devem ser salientadas.

A estrada que ligava os municípios de São Pedro e Charqueada foi atingida pela trajetória regressiva dos processos de erosão acelerada já percebidos em 1962, tornando totalmente inviável a sua utilização. Com a estrada bloqueada, iniciou-se a abertura de nova opção, agora dentro da meta de se ligar os municípios de São Pedro efetuado através de um trevo rodoviário. Essa estrada teve o seu traçado projetado sobre áreas de pastagens e cerrado.

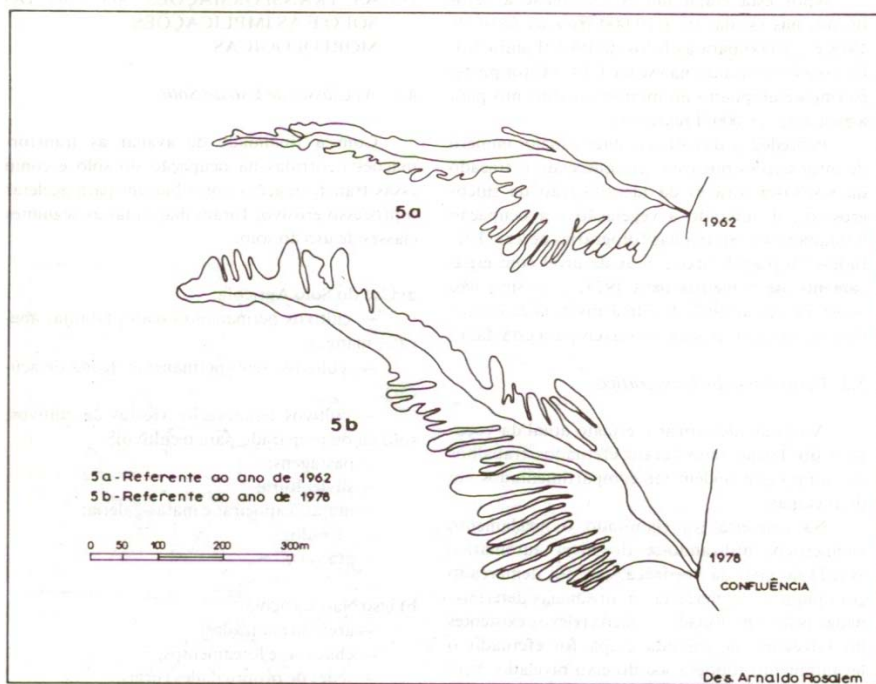


Figura 5 - Plantas da bacia do córrego Tucunzinho

A área situada entre os limites urbanos existentes em 1962 e nas cabeceiras do Córrego Tucunzinho, teve as antigas pastagens substituídas por loteamentos e construções de casas.

Observa-se no Córrego Tucunzinho um maior número de sulcos e ravinas agora posicionadas em ambas as margens, numa demonstração evidente de que a concentração das águas se efetuava mais a montante do que em 1962. A bacia de captação do Tucunzinho avançou para montante cerca de 180 metros.

São identificados ao longo dos leitos dos córregos Tucum, Espreado e Araquá, uma série de portos de areia responsáveis pela exploração dos sedimentos arenosos nestes encontrados.

Mesmo com a expansão urbana da cidade de São Pedro, verificada mais em alguns setores sempre em detrimento das áreas de pastagens, o que se verificou em 1978 foi a manutenção da hierarquia das classes de uso do solo, quais sejam: pastagens, serrado, silvicultura, matas capoeiras e cultivos anuais.

4.2. As Transformações Constatadas e sua Importância na Evolução da Forma de Erosão Acelerada

As Voçorocas têm sua origem vinculada ao desequilíbrio entre a quantidade de água que escoar e que filtra, a forma da encosta, o tipo de cobertura vegetal, além das características físicas das Formações Superficiais. Desse modo, o recobrem a área do Córrego Tucunzinho, aliado à cobertura vegetal efetuada por gramíneas

que, durante a estação seca, deixam o solo praticamente desprotegido, seria um dos fatores que tornariam a área susceptível a esse tipo de erosão.

Conforme foi demonstrando, desde pelo menos 1962 têm-se ali evidências da presença ativa de processos de erosão acelerada. Entretanto, as mudanças que se processaram na área desempenharam significativo papel na evolução do processo erosivo.

A instalação de loteamento com traçado das ruas facilitando o escoamento das águas pluviais e urbanas justamente para o setor da encosta onde já estava instalada a forma erosiva, redundou em sérias consequências. Houve um acréscimo na quantidade de água que escoava superficialmente e a cobertura vegetal, já insuficiente para frear a ação das águas nas condições anteriores, tornou-se totalmente ineficaz. A Tabela 1 e as figuras 4 e 5 demonstram quanto a erosão teve sua ação intensificada em 24 anos. O Córrego Tuinzinho, tendo seu potencial erosivo aumentado, entre 1962 e 1986 avançou para montante os limites de sua bacia de captação em 210 metros, sendo que 180 metros foram vencidos entre 1962 e 1978. Há evidências de que o afloramento do freático avançou para montante cerca de 260 metros, dos quais 155 metros entre 1978 e 1986, ou seja, em apenas 8 anos. Observa-se ainda que em 1962, o perfil longitudinal do referido córrego apresentava uma diferença de nível da ordem de 22 metros, em 1978 de 57 metros e em 1986 de 66 metros. A observação da Figura 4 demonstra que, ao contrário dos perfis referentes a 1962 e a 1978, no de 1986 tem-se um a maior desnível nos últimos 170 metros do vale.

Além do aprofundamento do canal houve, também, como evidenciam as Figuras 5^a e 5^b o seu alargamento e a proliferação de sulcos e ravinas que foram alargadas e aprofundadas ao ponto de possibilitar o afloramento do freático, dando origem, assim, a novas voçorocas. Convém ressaltar que essas também têm sua evolução estreitamente relacionada aos loteamentos que se desenvolveram em volta do Tucunzinho.

A construção de estradas em setores da vertente onde, naturalmente, se iniciava a concentração do escoamento pluvial, contribuiu também para a dinamização do processo erosivo. Essa dinamização se efetuou principalmente pela ausência ou má localização de valas de escoamento das águas pluviais ao longo dessas rodovias. No caso específico da construção do trevo rodoviário que dá à cidade de São Pedro, na fase de terraplanagem foi atingido o lençol freático, o que veio a desencadear a formação de novos sulcos e ravinas na área.

Tabela 1
DADOS REPRESENTATIVOS DA DINÂMICA DA BACIA DO CÓRREGO TUCUNZINHO

Anos	1962	1978	1986
Área da Bacia	50.625 m ²	93.750 m ²	*
Extensão do Perfil Longitudinal	735 m	915 m	945 m
Desnível do Perfil Longitudinal	22 m	57 m	66 m
Recuo do Afloramento do Lençol Freático (A Partir do Ponto de Confluência com o Córrego Tucum)	315 m	425 m	580 m

* Dados e Planta em Fase de Elaboração.

Os inúmeros portos de areia identificados no mapeamento de 1978 desempenharam um papel importante na atividade erosiva a montante das suas locações. A contínua retirada de sedimentos dos leitos fluviais constitui-se numa das causas do aumento do gradiente dos canais, conduzindo a uma aceleração da erosão regressiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora existam áreas susceptíveis ao desencadeamento dos processos geomorfológicos gerando formas de erosão acelerada, é evidente a ação do homem como elemento dinamizador.

A despreocupação em conhecer e entender as interrelações existentes entre os mecanismos que regem o equilíbrio dinâmico da paisagem conduzem o homem a cometer uma série de atos que redundam em perdas incalculáveis, tanto de ordem econômica, quanto ecológicas. O caso do Córrego Tucunzinho evidencia esse fato quando demonstra a ação antrópica acelerando a perda de toneladas de terras úteis e gerando habitações já fadadas a terem uma vida útil limitada.

O monitoramento dos processos geomorfológicos e das foras por eles geradas é, sem dúvida alguma, de vital importância para aqueles que trabalham com o planejamento do meio ambiente. Possibilitando a identificação e caracterização dos fatores dinamizadores dos processos geomorfológicos nos seus diversos estágios de atuação, o trabalho de monitoramento, efetuado de forma criteriosa, fornece dados para a contenção de formas erosivas já instaladas, além de fornecer valiosos subsídios para obras preventivas em áreas susceptíveis à erosão.

BIBLIOGRAFIA

BJORNEBERG, A. J. A. e LANDIM, P. M. B. Contribuição ao Estudo da Formação Rio Claro (Neocenoico). Bol. Soc. Bras. Geol. 15 (4):43-68, São Paulo, 1966.

COUTARD et alii, Memorial Explicativo da Carta Geomorfológica de São Paulo - SP - 1: 50 000. Sedimentologia e Pedologia, N° 12. 33p Universidade de São Paulo - Instituto de Geografia, São Paulo, 1987.

FÚLFARO, V. J. e SUGUIO. K. A. Formação Rio Claro, Neocenoico e seu ambiente de deposição. O. I. G. G., 20:45-68, São Paulo, 1968.

IPTa. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 1981.

IPTb. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - Escala 1:50 000 vol. I. Divisão de Minas e Geologia Aplicada do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 1981.