

Estudo Micromorfológico de um Terraço do Rio Piracicaba/SP.

A. T. REZENDE FILHO (1, 3); R. P. DIAS FERREIRA (1);

S. S. de CASTRO (2); S. FURIAN (1)

(1) Depto de Geografia – Laboratório de Pedologia (FFLCH – USP), São Paulo, SP. laboped@usp.br

(2) Inst de Estudos Sócio-Ambientais – Lab. de Geologia e Geografia Física (UFG), Goiânia, GO. selma@iesa.ufg.br

(3) Bolsista CAPES Doutorado

Abstract: Fluvial deposits from the Piracicaba River were described by Coutard et al. (1978) in the geomorphological map of São Pedro/SP (1: 50.000). In fact, deposits with sand, gravels and pebbles with a large range of dimension and arising from various lithologies were surveyed as sediments from the named geomorphological cycle II. According to this characteristic, sediments from this cycle were attributed to fluvial coarse deposits and considered as an evidence of the evolution of the fluvial system in the middle Quaternary, related to climatic changes towards more arid conditions. However, the parent rock of this area, the sandstone from Juro-Triassic Piramboia Formation shows many lithofacies including conglomerates and coarse elements. The aim of this study was to investigate the origin of pebbles- and gravels-rich layers if it's coarse deposits or could arise from another type of accumulation through a micromorphological study carried out on thin sections from samples collected in the Porto do Lucio's pebbles exploitation area, representative of sediments from cycle II. The results showed: (a) marks of conformity in the mineralogical composition between the parent rock and the coarse layer, indicating no mineralogical discordance; (b) a degradation of the skeleton, revealed by many clear dissolution voids on quartz grains; (c) weathering of the plasma with a change in the colour (lighter) and in the arrangement, pattern of distribution of coarse, fine constituents and voids, with plasma incipient and irregular (enaulic, chitonic and gefuric features), accompanying a loss of iron and clay, and associated interstitial voids. Based on these micromorphological observations, the sediments surveyed as terrace deposits from cycle II, could arise from a strath terrace and not necessarily from an alluvial terrace as described in the literature.

Key words: micromorphology, terrace, sand and gravel deposits; superficial mantles; Quaternary.

Resumo: Na Carta Geomorfológica de São Pedro/SP (1:50.000) Coutard et al. (1978) foram destacados os terraços fluviais do rio Piracicaba, sobretudo aqueles mapeados como ciclo II, caracterizados pela presença de cascalheiras e seixos de diferentes litologias e dimensões, cuja origem foi interpretada como aluvial e testemunhos da evolução do sistema fluvial do Piracicaba no Quaternário Médio, sendo os depósitos grosseiros interpretados como indícios de condições climáticas rigorosas para maior aridez. Porém, nessa área o substrato rochoso, o arenito da Formação Pirambóia (Juro-Triássico), apresenta litofácies ricas em cascalhos e lentes conglomeráticas. No presente estudo foram realizadas análises micromorfológicas de três lâminas delgadas de grande dimensão (90 x 160 mm), de amostras coletadas na borda de uma cava de extração de cascalho e areia, conhecida como Porto do Lucio, com o objetivo de verificar se essa escala pode esclarecer se o terraço é aluvial ou rochoso esculpido sobre as cascalheiras contidas no arenito. As análises micromorfológicas mostraram: (a) similaridade entre a composição mineralógica do substrato rochoso e a da cascalheira, indicando que não há discordância entre elas; (b) degradação do esqueleto por processos de dissolução do quartzo com nítidas e frequentes figuras de corrosão; (c) alteração do plasma expressa por mudanças de cores (branqueamento) e de trama (tipos caracterizados pela presença de plasma incipiente e irregular: enáulica, gefúrica e quitônica), indicando perda de ferro e argila e desenvolvimento de forte porosidade de empilhamento. Esses fatos permitiram levantar a hipótese de que o terraço mapeado como ciclo II na Carta Geomorfológica de São Pedro/SP, pode tratar-se mais de um terraço tipo rochoso do que tipo aluvial tal como descritos na literatura.

Palavras-chaves: micromorfologia, terraço, cascalheira, formações superficiais; Quaternário

Introdução

O Colóquio Interdisciplinar Franco – Brasileiro sobre “**Estudo e Cartografiação de Formações Superficiais e suas Aplicações em Regiões Tropicais**”, discutiu questões relevantes sobre formações do quaternário continental do setor do Estado de São Paulo contido na Carta Geomorfológica de São Pedro (1: 50.000) de Coutard et al. (1978). Dentre elas se destaca a dos terraços fluviais do rio Piracicaba cujas cascalheiras contêm seixos de diferentes litologias e dimensões, interpretados na época como de origem aluvial quaternária e testemunhos do ciclo II (COUTARD et al., 1978 e 1978b). A dúvida que se coloca é saber se estas cascalheiras são ou não depósitos grosseiros relacionados a terraços fluviais recentes. Geralmente, as cascalheiras têm sido interpretadas como estruturas de terraços fluviais, apesar de haver terraços com cascalheiras pouco desenvolvidas, e outros apenas com sedimentos finos (Bigarella, 2003).

Visando contribuir para esclarecer essa questão, neste trabalho foram elaboradas sínteses parciais das pesquisas realizadas por Dias Ferreira (1984), sobretudo morfologia dos solos, granulometria e três lâminas delgadas do material do terraço do referido ciclo II, descrito na borda de uma cava de extração de cascalho e areia, conhecida como Porto do Lúcio. Foram realizadas análises micromorfológicas dessas lâminas com o objetivo de verificar se essa ferramenta pode fornecer novos elementos para a interpretação da origem desses terraços, mais precisamente, se o terraço mapeado como ciclo II corresponde a um terraço aluvial ou a um terraço rochoso.

Terraços Fluviais: Breves Considerações

Morfologicamente, os terraços consistem de uma área plana ou em bancadas, de largura variada, limitada por escarpas, ou barrancas, em direção ao curso de água. Os terraços compostos por materiais relacionados à antiga planície de inundação são designados de **terraços aluviais** e não são recobertos pelo curso de água atual, nem mesmo na época de cheias. Os terraços esculpidos através da morfogênese fluvial sobre rochas componentes das encostas dos vales são designados **terraços rochosos** (Christofoletti, 1974; Bigarella, 2003). Para Penteadó (1974), o **terraço aluvial** apresenta topo plano e rebordo abrupto e quando as aluviões antigas estão ausentes, geralmente devido à erosão, tem-se um **terraço rochoso**. Os chamados **terraços estruturais**, que são patamares ao longo das vertentes, seriam produtos de camadas de rochas mais resistentes e não da ação fluvial (Christofoletti, 1974; Bigarella, 2003).

Suguio (1999) denomina de terraços de abrasão fluvial quando são originados por erosão e correspondem aos níveis de antigos leitos fluviais, onde a cobertura sedimentar é pouco desenvolvida, chamando-a de pelicular. Por outro lado, quando a cobertura sedimentar for bem desenvolvida, constituem os terraços de construção fluvial, que podem ser pesquisados através de seu conteúdo (restos faunísticos ou florísticos) ou através de sua faciologia, o que permite determinar as condições hidrodinâmicas e outras características do ambiente deposicional.

As causas da formação dos terraços podem ser agrupadas em duas grandes hipóteses, a saber, uma fundamentada nos soerguimentos tectônicos (Freitas, 1951 apud Bigarella, 2003; Moraes Rego, 1937 apud Ab'Sáber, 1969), e outra nas mudanças paleoclimáticas (Bigarella & Mousinho, 1965; Ab'Sáber, 1969, Christofolletti, 1974; Modenesi, 1974; Penteado, 1974, Tricart, 1977). Nesta segunda hipótese, os terraços seriam indícios de condições climáticas rigorosas, das quais as camadas de concentração de cascalhos de quartzo, em particular, representariam oscilações climáticas para maior aridez (Mousinho e Bigarella, 1965; Penteado, 1974; Modenesi, 1974; Bigarella, 2003). Os terraços seriam testemunhos de antigos níveis da planície de inundação, cujos materiais de origem seriam ou os antigos depósitos do próprio rio por ele retrabalhados (Penteado, 1974), ou produtos de erosão e não da deposição fluvial (Gilbert apud Christofolletti, 1974 e Bigarella, 2003; Suguio, 1999). Neste sentido, terraços podem ser esculpidos sobre embasamentos rochosos, dando origem aos chamados *strath terraces* (terraços rochosos).

Ab'Sáber (1969), ao fazer uma revisão do quaternário paulista, resgata as descrições de Moraes Rego dos “notáveis terraços do Rio Piracicaba, formados por cascalhos grossos”, lembrando que apesar dos geomorfólogos brasileiros interpretarem essas feições como resultantes de fatores paleoclimáticos, ainda não estaria totalmente afastada a idéia de uma retomada da epirogênese, do Pleistoceno para o Holoceno, em território paulista e paranaense. Moraes Rego, segundo ele, apresentou duas interpretações para os baixos terraços fluviais paulistas: uma baseada na retomada da epirogênese, e outra, nas variações do regime hidrológico, combinadas à regularização do perfil longitudinal dos rios. Ab'Sáber (1969) lembra também que em terras baixas do Planalto Atlântico, da Depressão Periférica Paulista, do Vale do Paraná e do Baixo Ribeira, marginando descontinuamente as calhas fluviais recentes, ocorrem legítimos terraços fluviais, de origem predominantemente climática,

comportando antigos lençóis aluviais grosseiros, enquadráveis na categoria dos “fill terraces” (terraços com preenchimentos).

A questão das cascalheiras associadas aos terraços foi colocada no âmbito dos estudos das formações superficiais no Brasil, num momento particular em que as interações entre pedogênese e morfogênese ainda eram pouco estudadas, com especial destaque para a aloctonia das formações superficiais. Geomorfológicamente, tais questões se vinculavam à evolução do sistema de drenagem do rio Piracicaba durante o Quaternário (COUTARD, et al, 1978), sendo os terraços testemunhos que permitiam reconstituir estágios de uma mesma fase climática de pediplanação, considerando-se, sobretudo, as relações entre *glacis* (pedimentos) e terraços (PENTEADO, 1974). Estes autores relacionaram as cascalheiras e os terraços a uma fase climática seca, relativamente longa, responsável por uma forte denudação das vertentes no Quaternário Antigo (Pleistoceno).

Retomando a questão sobre os terraços fluviais, Dias Ferreira (1984) lembra que o próprio substrato sedimentar da área de São Pedro/SP, o Arenito da Formação Pirambóia do JuroTriássico, Bacia Sedimentar do Paraná, sendo de ambiente de sedimentação flúvio-lacustre apresenta ele próprio litofácies ricas em cascalhos, daí a relevância de questionar-se a interpretação dada por Coutard et al., 1978.

Área de Estudo

A área de estudo (Fig 1) se localiza no Município de São Pedro/SP, aproximadamente entre as coordenadas 22° 40' S e 48° 00' a 47° 55' W, no contato entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Ocidental, à montante da confluência Piracicaba/Tietê, na zona do Médio Tietê (ALMEIDA, 1981, apud DIAS FERREIRA, 1997).

Essa área apresenta arenitos das Formações Serra Geral, Botucatu, Pirambóia e Corumbataí da Bacia Sedimentar do Paraná. A Formação Pirambóia, principalmente na borda oriental da Depressão Periférica Paulista, se caracteriza por uma sucessão de camadas arenosas de granulação média a fina, com uma fração argilosa na base maior que no topo da formação, onde ocorrem arenitos grosseiros e lentes conglomeráticas em estratificações plano-paralelas e cruzadas, de dimensão média a grande (DIAS FERREIRA, 1997). Esta autora reconheceu os seguintes compartimentos ao longo da bacia do rio Piracicaba: reverso da cuesta, escarpa de cuesta, zona de amplos interflúvios ou *glacis* (pedimentos) pouco dissecados e zona intensamente dissecada em direção ao vale do Piracicaba, contendo uma larga faixa de terraços fluviais e planícies aluvionares.

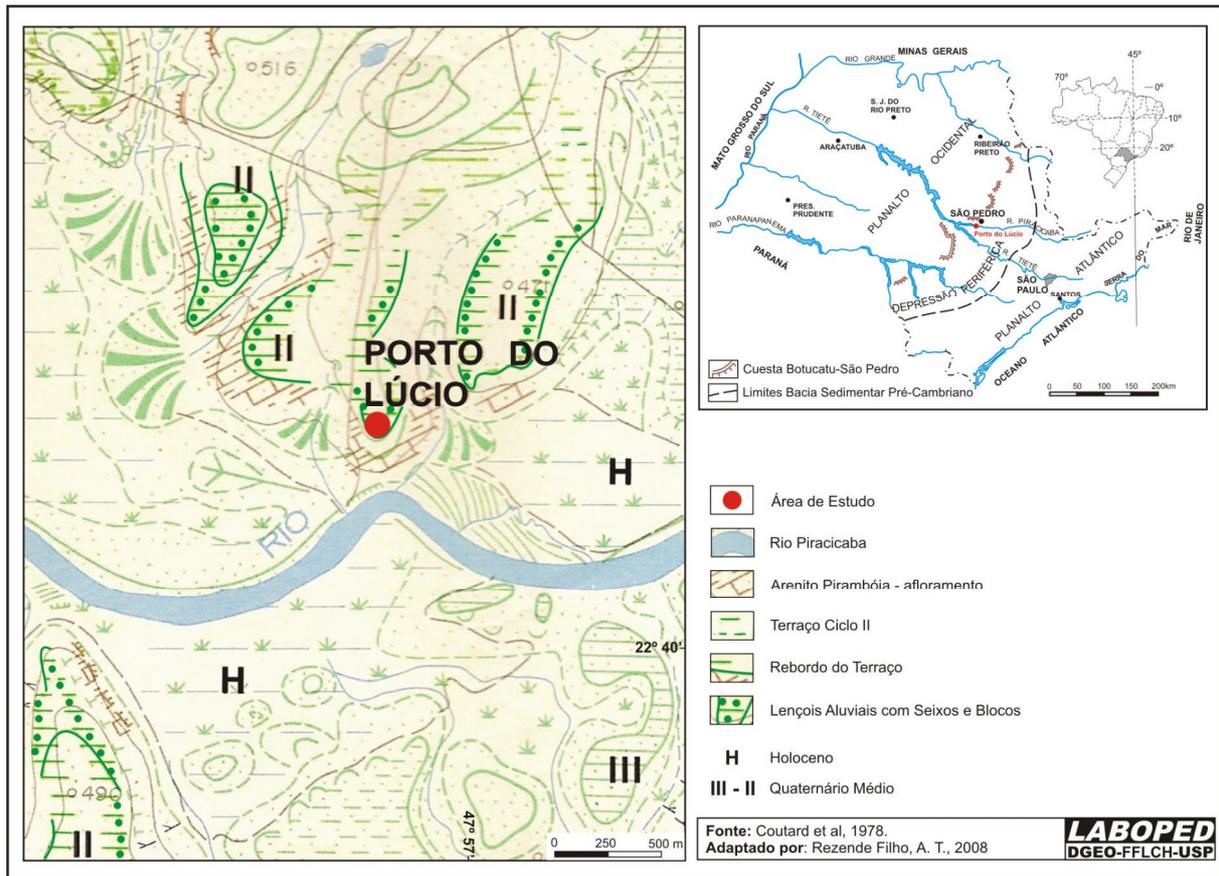


Figura 1: Localização da área de estudo em recorte da Carta Geomorfológica de São Pedro/SP.

O clima atual é, segundo a classificação de KÖPPEN, mesotérmico com inverno seco, com média térmica anual de aproximadamente 20°C e uma amplitude térmica anual de 5,4°C. A pluviosidade média anual é de aproximadamente 1370 mm, com regime caracterizado por duas estações bem definidas, uma seca, de outono/inverno e outra, chuvosa, de primavera/verão (CONTI, 1971).

A direção geral do rio Piracicaba é E-W e apresenta, em sua passagem pela área ao sul da cidade de São Pedro/SP, um importante vale com um sistema de terraços e lençóis aluviais arenosos, com cascalhos, seixos e blocos, que se estende 2,5 km na margem sul e 3,5 km na margem norte. Esse sistema de terraços seria um testemunho de quatro ciclos maiores de deposição e entalhe do Piracicaba durante o Quaternário: o ciclo I, mais antigo e em continuidade com o *glacis*, que conserva apenas quartzitos e restos de couraças. Esses depósitos podem apresentar grandes espessuras, e na maior parte das vezes, sinais de remanejamento. Os terraços do chamado ciclo II são os mais notáveis, porque aparecem a 40 metros acima da várzea atual do rio Piracicaba, constituídos de uma camada de cascalhos e

seixos espessa de 2 a 3 metros, com predominância de quartzo, quartzito e seixos de siltito, sílex e arenito, em geral bastante alterados com auréolas (córTEX) e camadas ferruginizadas. O depósito grosseiro está recoberto por 2 a 3 metros de colúvio arenoso, que mostra seqüência com bandas onduladas. Os baixos terraços – ciclos III e IV – são mais freqüentemente arenosos e areno-argilosos, recobertos por materiais arenosos, e solos bruno e bruno-avermelhado com horizonte B argiloso. A dinâmica mais recente e atual se traduz, ao longo do Piracicaba, por modificações de curso, criando gerações de meandros abandonados e construção de uma série de cordões arenosos, paralelos entre si. Entre os baixos terraços e os diques marginais que bordejam o rio, assim como na parte jusante dos vales afluentes, aparecem várzeas, muitas inundadas quase permanentemente.

Aproximadamente a 40 metros acima do Rio Piracicaba e a 480-485 metros de altitude, entre o Ribeirão Vermelho e o Ribeirão do Meio, os depósitos do terraço de ciclo II aparecem sobre rocha entalhada abruptamente formando falésia vertical de margem côncava de meandro. Este nível, o mais marcado na paisagem, representa o primeiro encaixamento da rede hidrográfica no *glacis*, calibrando o vale do Piracicaba (Fig.1 e 2).

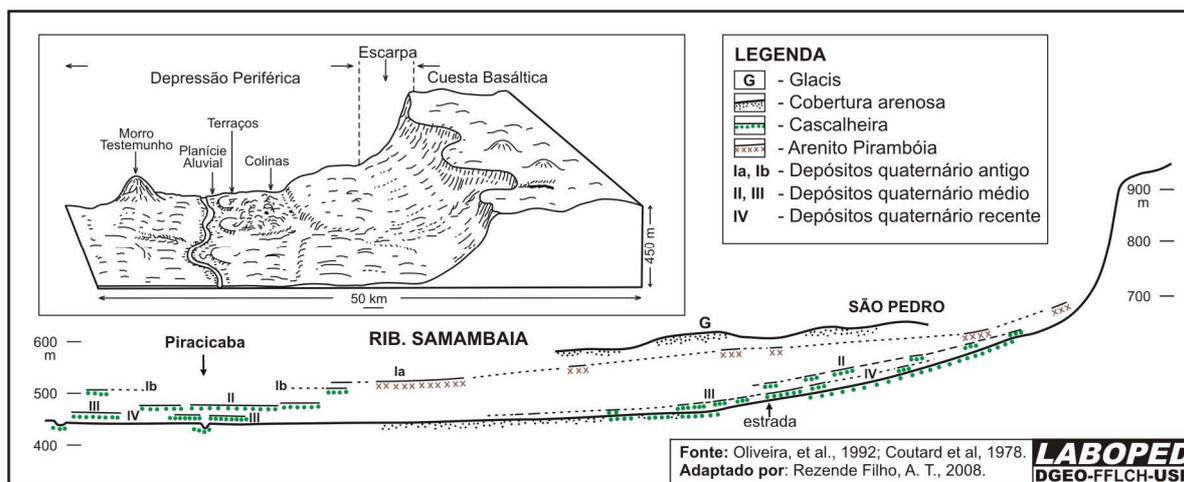


Figura 2: Bloco diagrama dos principais compartimentos topográficos e perfil esquemático do Rib. Samambaia com posições relativas dos terraços, cones e *glacis*.

Métodologia

Os trabalhos de campo privilegiaram descrições das características morfológicas dos solos e dos terraços, coletas de amostras de solos e três amostras indeformadas da cascalheira para confecção de lâminas delgadas (COUTARD et al. (1978). As análises granulométricas do material acima da cascalheira, entre 0 e 165 cm de profundidade, seguiram procedimentos do Laboratório de Pedologia (DG-USP), com determinação dos finos por

pipetagem e peneiragem para os grosseiros (VETTORI, 1969; CAMARGO et al.,1986). As amostras indeformadas foram coletadas em perfil vertical (Figura 3), tratadas e resultaram em três lâminas de dimensão 90 x 160 mm, confeccionadas no Laboratoire de Sciences du Sol (INRA/Rennes, França), com métodos expostos por Castro (2008).

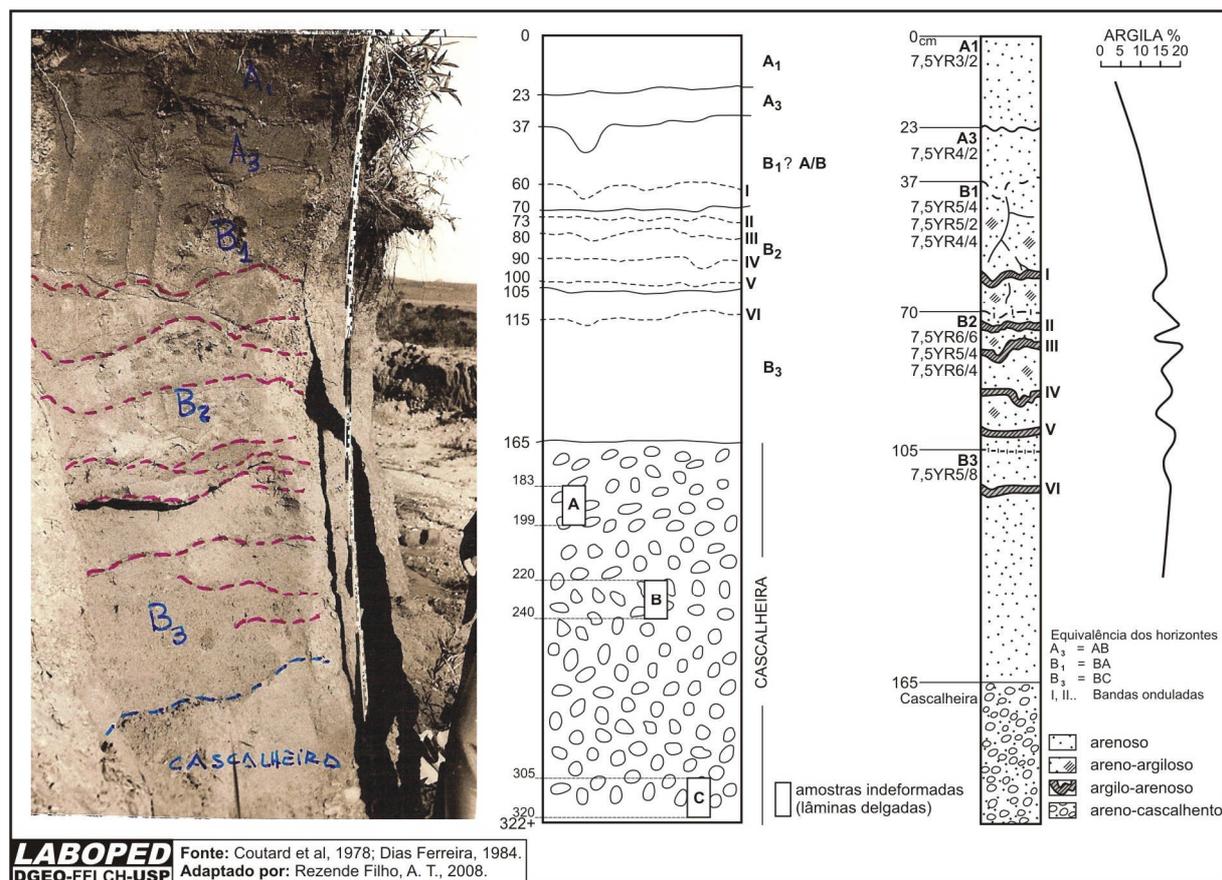


Figura 3: Perfil solo-cascalheira, elementos morfológicos, local da coleta de amostras indeformadas e gráfico da distribuição de argila no Porto do Lúcio (São Pedro/SP).

As descrições micromorfológicas basearam-se em compilação organizada por Castro (2008), empregando-se tanto conceitos e terminologias de Stoops & Jongerius (1975) para distribuição relativa (esqueleto, plasma, poros), a chamada trama; de Bullock et al.(1985) para tipos de formas e graus de arredondamento e de desenvolvimento dos agregados (pedalidade); além de Brewer (1964) para orientação relativa do plasma e classificação morfológica de poros. As descrições das lâminas se iniciaram pelo nível macro, a olho nu, onde se individualizaram zonas com seixos e cascalhos e domínios com diferenciação de cores. Para completar estas observações produziu-se imagens de *scanner* das lâminas, depois tratadas com os softwares Corel DRAW e Auto CAD, a fim de separar e quantificar (em %) as frações grosseiras (seixos, cascalho), das finas (matriz). Para isto, adotou-se a classificação granulométrica

proposta por Castro (2008: 47), acrescida de uma classe de seixos, isto é, das frações maiores que 20.000 µm. A fração cascalho também foi subdividida em: grosseiro (20.000 a 10.000 µm) e fino (10.000 a 2.000 µm). As diferenças de intensidades de cor na matriz fina geraram dois domínios: (a) domínio 1, com matriz de cor mais clara, e (b) domínio 2, com matriz de cor mais escura.

Em seguida, foram feitas observações num microscópio óptico, tipo AXIOSKOP da ZEISS (Germany), primeiramente sob baixo aumento (2,5X), seguido de aumentos progressivamente maiores (10X, 20X e 40X), tanto sob luz natural (L.N.) quanto polarizada (L.P.), com tomadas de fotomicrografias representativas das organizações observados. A quantificação dos constituintes foi obtida por estimativa visual, segundo Bullock (apud CASTRO, 2008).

Resultados

A apresentação dos resultados segue a ordem da escala de observação adotada ao longo do trabalho, isto é, da macro à micromorfológica.

a) macromorfologia: o perfil estudado foi dividido em dois conjuntos: um inferior com 2 metros de espessura, composto de seixos e cascalhos, com elementos grosseiros na base, blocos de 20 cm ou mais, e elementos menores no topo, com uma mediana dos seixos de 5 a 8 cm e numerosos cascalhos. O depósito de grosseiros é constituído de quartzo e quartzito, nitidamente dominante, com córtex de alteração, restos de geodos de basalto, de silexitos e siltitos alterados e pulverulentos. O conjunto superior é arenoso e espesso, mostrando uma seqüência coluvial com bandas onduladas bem marcadas, entre 60 e 110 cm. (Figura 3)

As análises granulométricas mostram crescente aumento da argila nas camadas superiores, até o nível da primeira banda, quando então, ocorre uma sucessão de alternâncias de lentes com maiores teores de argila, as bandas, e lentes com maiores teores de areia, material inter-bandas. A relação AF/AG, indica dominância de textura fina e registra também as variações entre as bandas onduladas (DIAS FERREIRA, 1984).

As análises mineralógicas das argilas mostram que na parte inferior (base B₂) aparecem caulinita bem cristalizada e gibsita e nos demais horizontes só a caulinita, mas com menor grau de cristalinidade (DIAS FERREIRA, 1984).

A Figura 4 e o Quadro 1 mostram as distribuições relativas das frações grosseiras e finas nas três lâminas A, B e C. Das três, a lâmina A e a B têm quantidades relativas semelhantes de grosseiros, sendo a B com maior % de seixos e a A com maior % de cascalhos. Na C a quantidade da fração fina é maior (76,68%) que a da grosseira. Nas três

lâminas o domínio 2, marrom avermelhado escuro, ocupa área maior que o domínio 1, marrom claro com manchas esbranquiçadas. Destaca-se na lâmina C, um desenvolvimento relativo maior das manchas claras, praticamente interdigitadas com a matriz marrom avermelhado escuro.

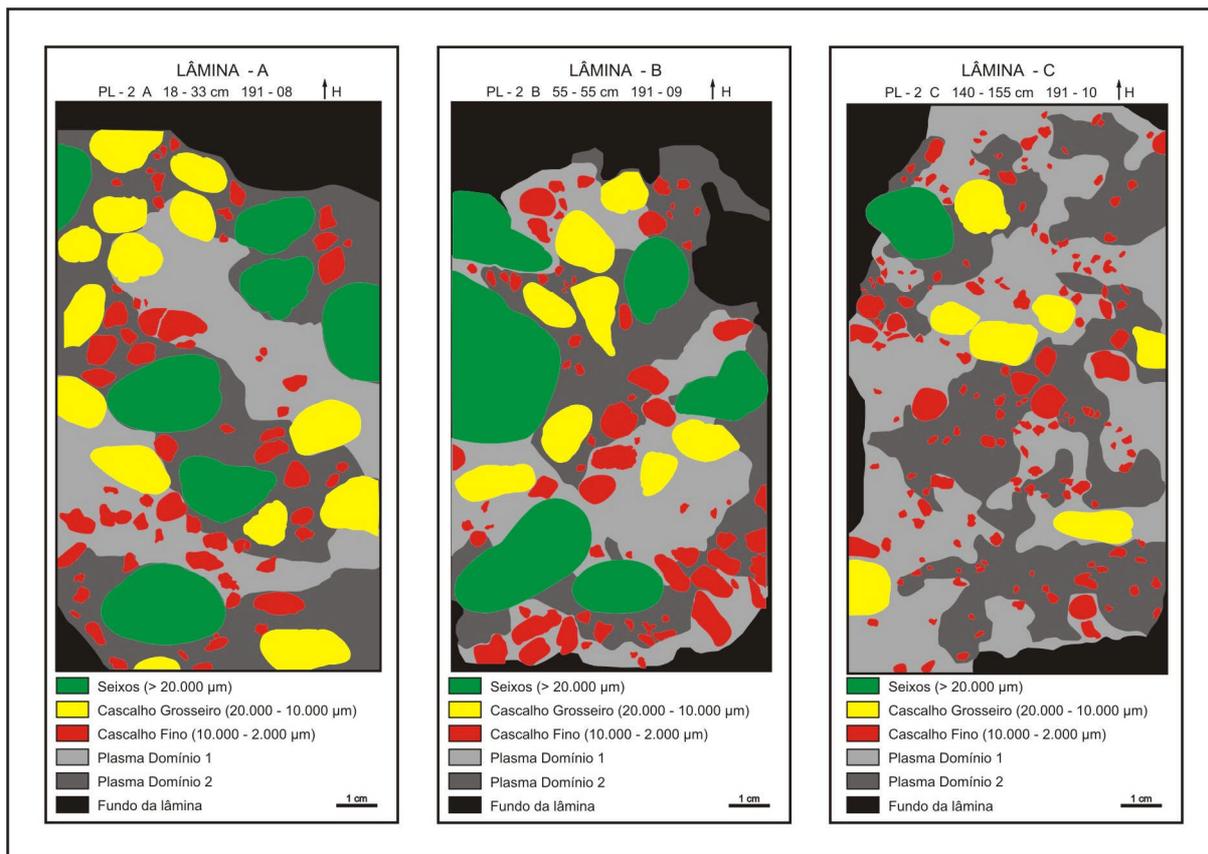


Figura 4: Produtos dos tratamentos das imagens escaneadas das lâminas.

Quadro 1: Classes de elementos grosseiros e finos em % de cada lâmina.

LÂMINA	MATERIAL GROSSEIRO				TOTAL	MATRIZ FINA		TOTAL
	SEIXOS	CASCALHO				DOMÍNIO 01	DOMÍNIO 02	
		GROSSEIRO	FINO	TOTAL				
A	20,20%	17,25%	9,20%	26,45%	46,65%	21,75%	31,60%	53,35%
B	25,50%	10,75%	13,75%	24,50%	50,00%	22,90%	27,10%	50,00%
C	2,78%	10,46%	10,08%	20,54%	23,32%	37,21%	39,47%	76,68%

b) micromorfologia: O Quadro 2 e a Figura 5 adiante apresentam a síntese das descrições micromorfológicas da lâminas estudadas.

QUADRO 2: Síntese das descrições micromorfológicas das lâminas delgadas

LÂMINA		ASSEMBLÉIA	TRAMA DIST. RELAT.	ESQUELETO	PLASMA	POROS	PEDALIDADE	FORMA DOS AGREGADO	FEIÇÕES PEDOLÓGICAS	
A 183 - 199 cm	Domínio	I	40% esqueleto 10% plasma 50% poros	gefúrica-quitônica porfírica aberta e enáulica (restrita)	98% de quartzo; mal selecionado, 50-70% areia média e fina, figuras de corrosão	marron claro (LN), amarelo claro, manchas avermelhadas (LP), extinção pouco nítida.	*mcr, mso e mic, empilhamento, cavidade, canal, câmara, fissura	forte a moderadamente desenvolvida	blocos pequenos subangulares, arredondados grandes	nódulos ferruginosos pretos opacos pequenos (100- 10 µm)
		II	35% esqueleto 15% plasma 50% poros	gefúrica-quitônica porfírica aberta e enáulica (+ desenvolvida)	98% de quartzo; mal selecionado, 50-70% areia média e fina, figuras de corrosão + desenvolvidas.	marron escuro (LN), amarelo avermelhado (LP), extinção + nítida que anterior	*mcr menores, diminuição empilhamento	moderada a fortemente desenvolvida	blocos médios a pequenos subangulares, arredondados grandes c/ maior desenvolvimento	micro-nódulos ferruginosos e nódulos típicos opacos maiores
B 220 - 240 cm	Domínio	I	40% esqueleto 15% plasma 45% poros	gefúrica-quitônica porfírica fechada enáulica	98% de quartzo; mal selecionado, 50-70% areia média e fina, figuras de corrosão	marron amarelado a avermelhado escuro (LN), marron amarelado (LP),	diminuição da porosidade total, + micro- fissuras	moderadamente desenvolvida	blocos grandes subangulares	nódulos ferruginosos pretos opacos pequenos (100- 10 µm) e nódulo típico argilo ferruginoso
		II	40% esqueleto 20% plasma 40% poros	porfírica aberta e fechada gefúrica-quitônica, enáulica (restrita)	98% de quartzo; mal selecionado, 50-70% areia média e fina, figuras de corrosão	marron avermelhado (LN), marron escuro opaco (LP).	+ *mcr, cavidade câmara.	fraca a moderadamente desenvolvida	blocos subangulares pouco nítidos	nódulos típicos opacos (70-50 µm) e quase nódulos ferruginosos
C 305 - 320 cm	Domínio	I	40% esqueleto 10% plasma 50% poros	gefúrica-quitônica porfírica aberta (restrita) e enáulica	98% de quartzo; moderadamente selecionado, 50- 70% areia média e fina, figuras de corrosão	marron amarelo claro (LN), marron avermelhado, manchas vermelhas claras (LP).	*mcr, mso e mic, + empilhamento, cavidade, canal, câmara, fissura	fortemente desenvolvida	blocos médios e pequenos subarredondados a arredondados; e arredondados muito pequenos	nódulos típicos opacos (70-50 µm) e poucos micro-nódulos ferruginosos
		II	40% esqueleto 15% plasma 45% poros	porfírica aberta e fechada gefúrica-quitônica (restrita)	98% de quartzo; moderadamente selecionado, 50- 70% areia média, fina e muito fina, + figuras de corrosão	marron avermelhado claro (LN), marron claro (LP).	*mcr, mso e mic, + empilhamento, cavidade, canal, câmara, fissura	fortemente desenvolvida	blocos médios subarredondados e + desenvolvido arredondados pequenos a muito pequenos	nódulos ferruginosos típicos opacos e quase nódulos ferruginosos

* **mcr** = macroporos (2000 – 75 µm); **mso** = mesoporos (75 - 30 µm); **mic** = microporos (30 - 5 µm)

Discussão

As principais informações obtidas pelas descrições das três lâminas podem ser sintetizadas e agrupadas nos seguintes tópicos:

a) o primeiro se refere ao esqueleto.

As três lâminas apresentam a mesma composição mineralógica, isto é, 98% de quartzo e quartzito e 2% de mica, siltito, zircão e titânio. O esqueleto é mal selecionado, apesar da dominância da fração média a fina sobre as outras. De todas as lâminas, a C, localizada na base da cascalheira, é a que apresenta menor porcentagem de elementos grosseiros $> 2.000 \mu\text{m}$ (Fig. 4), e maiores teores de areias médias e areias finas a muito finas.

Nas 3 lâminas é comum o esqueleto apresentar sinais de fraturas, muitas decorrentes de dissolução, pois mais de 70% dos grãos de quartzo mostram figuras de corrosão (Fig. 5, Fotos 1, 2 e 5). Estas figuras são mais marcadas nos domínios 1 de cada lâmina, onde a presença do plasma é menor e com coloração menos intensa, em tons marrom amarelado a marrom claro (Fig. 5, Fotos 1 e 5). Nos domínios 2 essas figuras são, localmente, menos marcadas. Elas indicam degradação do esqueleto, com diminuição de seus tamanhos e perda de sílica, corroborando com as observações de campo efetuadas nesses depósitos por Coutard et al. (1978) e Dias Ferreira (1984).

b) o segundo se refere ao plasma.

As principais diferenciações observadas no plasma estão ligadas a cores e ao grau de agregação ou pedalidade encontrados em cada uma das lâminas. Nelas se observam zonas com fraca intensidade de cor, áreas descoloridas, esbranquiçadas, que coincidem com uma diminuição do tamanho dos agregados (Fig.5, Foto 1 e 5), e com o agenciamento complexo de tipos de tramas, isto é, enáulica, pontos de plasma entre os grãos do esqueleto; gefúrica, pontes de plasma ligando grãos do esqueleto; e quitônica, películas de plasma envolvendo unidades do esqueleto, com produção de meios bastante porosos (Fig.5, Fotos 1, 3 e 5). As zonas com maior concentração relativa de plasma mostram tramas porfíricas fechadas a enáulicas (Fig.5, Fotos 4 e 6), em que o plasma preenche todo ou quase todo espaço entre unidades do esqueleto. Considerando os dois domínios, percebe-se que eles apresentam uma orientação no sentido paralelo das lâminas (Fig. 4), que é concordante com a orientação geral das bandas onduladas que aparecem no solo, acima da cascalheira e descritas por Coutard et al., 1978 e Dias Ferreira, 1984.

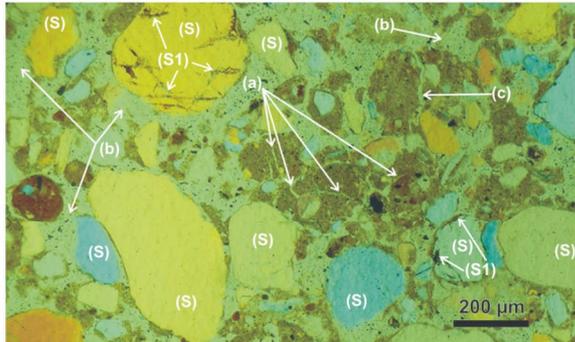


Foto 1: Lâmina A (domínio 1) LP 10X notar: os diferentes tipos de poros: (a) fissuras; (b) macroporo em câmaras (alvéolos); (c) canal; (S) esqueleto; (S1) figuras de corrosão.

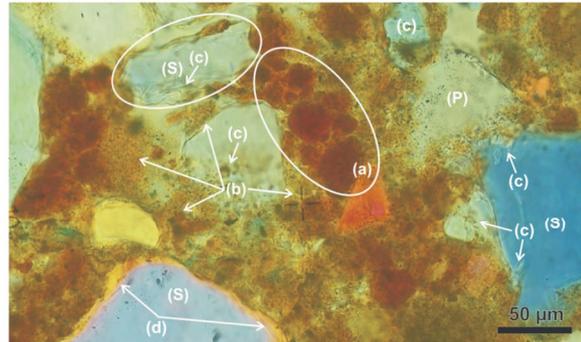


Foto 2: Lâmina A (domínio 2) LP 40X notar: (a) a individualização de pequenos nódulos ferruginosos, ligados à segregação do ferro; (b) zonas amarelo claro, esbranquiçadas, de perda-remobilização-transformação de ferro; (c) figuras de corrosão do quartzo; (d) birrefringência esquelética, granoestriada.

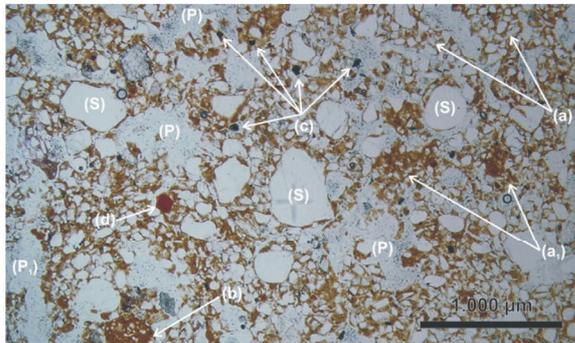


Foto 3: Lâmina B (domínio 1) LN 2,5X, notar: (a) trama porfírica aberta a localmente fechada (a,); (b) pelota fecal; (c) nódulos típicos muito pequenos, preto, opacos; (d) nódulo argilo-ferruginoso; (P) poros em cavidades e (P,) fenda; (S) esqueletos, a maioria envolto pelo plasma marrom.

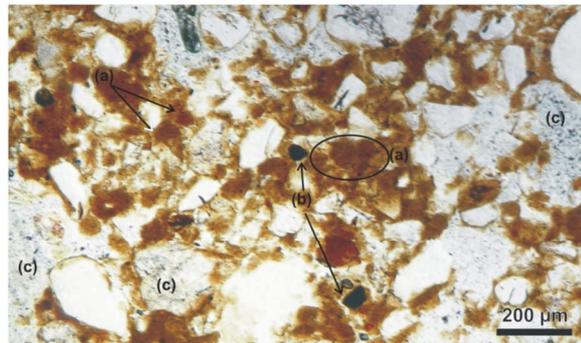


Foto 4: Lâmina B (domínio 2) LP 10 X, notar: (a) a individualização de microagregados ferruginosos sobressaindo do plasma marrom avermelhado de fundo; (b) nódulos subarredondados, opacos (70 a 50μm); (c) cavidades.

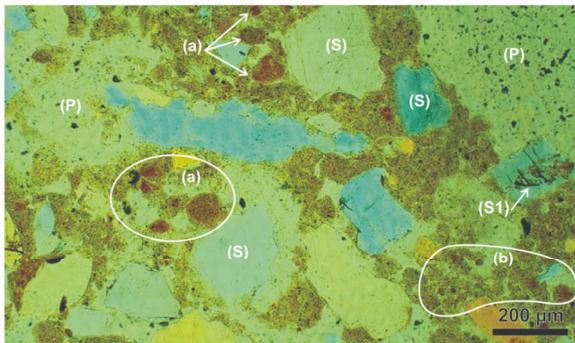


Foto 5: Lâmina C (domínio 1) LP 10 X, notar: (a) microagregados arredondados, avermelhados, ferruginosos, localmente micro-nódulos de ferro; (b) microagregados subarredondados em blocos menores; (P) porosidade grosseira, macro-cavidades e macro-alvéolos; (S) esqueleto; (S1) figuras de corrosão.

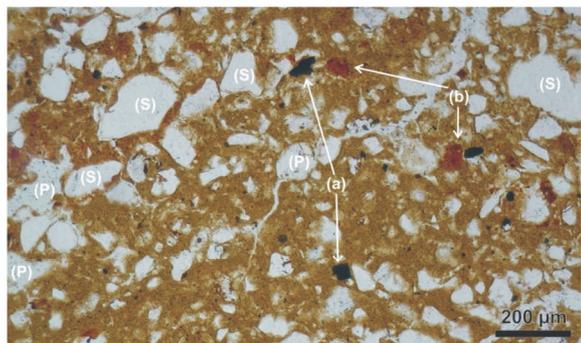


Foto 6: Lâmina C (domínio 2) LN 10 X, notar zona com trama porfírica fechada e presença de porosidade fraca, com canais finos e cavidades; (a) nódulos ferruginosos opacos; (b) segregação de ferro em quase nódulos ferruginosos; (S) esqueleto; (P) poros.

Figura 5: Fotomicrografias das lâminas e seus domínios.

Estas diferenciações de cores do plasma indicam umectação/dessecação ligadas às flutuações sazonais de umidade, determinando graus de hidratação/desidratação do ferro, responsáveis pela segregação e conseqüente precipitação e/ou migração do ferro (Fig. 5, Fotos 2 e 4). A cor marrom avermelhado do plasma aponta para uma desidratação incompleta do óxido de ferro, condição na qual a argila, que compõe o plasma, permanece no estado disperso podendo igualmente migrar (DUCHAUFOR, 1965). Ao contrário, a desidratação completa do ferro leva à sua precipitação, gerando microagregados muito finos (Fig.5, Fotos 4 e 5). Em síntese, essas diferenciações de cores indicam degradação das estruturas plásmicas. Sistemas pedológicos estudados por Dias Ferreira (1997) e Oliveira (1997) à montante dessa área, no setor de transição entre o *glacis* e a zona dissecada, assinalam processos de perdas de ferro e argila no interior da cobertura pedológica com desenvolvimento de horizontes eluviais.

As análises micromorfológicas realizadas indicaram uma similitude entre a composição mineralógica e tamanho médio das partículas do esqueleto e as dos fácies da Formação Pirambóia na área de São Pedro/SP, indicando que não há discordância mineralógica e textural entre tais materiais. Isto sugere que a concentração de grosseiros na cascalheira pode ter sido originada pela degradação do plasma, decorrente do grau de hidratação/desidratação do ferro, responsável tanto por sua precipitação (micro-nódulos ferruginosos) quanto pela sua migração acompanhada pela da argila (zonas de cor mais claras, esbranquiçadas). Conseqüentemente, há uma acumulação relativa de elementos grosseiros do esqueleto por perda de plasma (fração argila). Nos domínios 1, mais claros e onde tais feições são mais nítidas, aparece uma acentuada macro porosidade, local preferencial de circulação de água e matéria. A evolução dos processos de degradação é salientada pela presença freqüente de figuras de corrosão nos grãos de quartzo, sinais de degradação do próprio esqueleto com perda de sílica, sugerindo estágios avançados de transformação dos materiais da cascalheira.

A concentração de elementos mais finos na base da cascalheira e a presença de material mais grosseiro no meio e no topo parecem indicar uma “seleção” do material pela circulação da água. Este posicionamento também é concordante com as distribuições verticais da Formação Pirambóia, isto é, na base, os fácies com elementos mais finos, e no topo, os fácies mais grosseiros, conglomeráticos.

Estes fatos permitem colocar em discussão a origem dessa cascalheira não em termos de um depósito fluvial, produto de retrabalhamento do rio de seus antigos depósitos aluviais, mas, muito provavelmente, de uma escavação do vale do Piracicaba na própria

Formação Pirambóia. Neste sentido, a própria origem do colúvio acima da cascalheira gerou dúvidas, (COUTARD et al.,1978; DIAS FERREIRA, 1984). Estes autores também assinalaram a dominância de textura fina nesse colúvio, sendo sua mediana equivalente à dos outros materiais que recobrem as vertentes da zona mais dissecada, porém com menor grau de seleção, e com enriquecimento de areia grossa. Por outro lado, difere do material que recobre o *glacis*, que é mais grosseiro. Pela sua posição e por essas características granulométricas, é possível que tenha recebido contribuições tanto de um como de outro. Há que se assinalar, por exemplo, que a parte basal apresenta caulinita melhor cristalizada, como os materiais do *glacis*, ao passo que a parte superior, é menos bem cristalizada, como nos Podzólicos Vermelho-Amarelo variação Laras (Argissolos Vermelho-Amarelo).

Conclusão

Em conclusão, pode-se supor que, do ponto de vista morfológico, as evidências apontam na direção de que a cascalheira estudada corresponde de fato a um terraço. Contudo, o material de que é composto não apresenta, pelas análises micromorfológicas realizadas, nenhuma discordância com o material da Formação Pirambóia, indicando, portanto, poder tratar-se mais uma deposição singenética desta formação, realçada pela evolução geomorfológica do rio Piraciacaba, resultando num terraço tipo rochoso e não em um terraço tipo aluvial, tal como descrito na literatura. Para confirmar essa hipótese seria necessário analisar, em detalhe, o material dessa cascalheira, principalmente a parte basal na transição para a rocha (Pirambóia), a própria rocha, e fazer observações ao longo de seqüências topográficas, visando resgatar a continuidade/descontinuidade dos materiais.

Para finalizar, o estudo micromorfológico se mostrou uma ferramenta fundamental para fornecer evidências a respeito dos materiais que sustentam os terraços fluviais estudados.

Bibliografia

AB'SABER, A. N. 1969 - **Uma Revisão do Quaternário Paulista: do Presente para o Passado**. In: Revista Brasileira de Geografia nº 4, ano 31, IBGE, Rio de Janeiro out/dez 1 – 51p.

AB'SABER, A. N., 1949 - **Regiões de circundesnudação pós-cretácea no Planalto Brasileiro**. Bol. Paul. Geogr. 1: 3-21, São Paulo.

ALMEIDA F. F. M. de, 1964 - **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Bol. IGG 41: 167-262, São Paulo.

BIGARELLA, J. J. & MOUSINHO, M. R.1965 - **Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas**. Bol. Paran. Geogr., Curitiba, 16/17:153-198 p.

BIGARELLA, J. J. 2003 - **Estrutura e Origem das Paisagens**. Vol. 3. Ed. Editora da UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, SC 1373 – 1388 p.

- BREWER, R. 1964 - **Fabric and mineral analysis of soils**. Huntington, New York, Robert E. Krieger Publications Co., 470 p
- BULLOCK, P.; MURPHY, C. P. (Eds) – 1983 – **Soil Micromorphology**. In: Proc. 6th Int. W. Meeting of soil micromorphology, Berkamsted: AB Academic Publis., v. I – Techniques and Applications, v. II – Soil Genesis, 705 p.
- CAMARGO, O. de A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A. e VALADARES, J. M. A. S. - 1986 – **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos** – IAC Bol. Téc. 106, Campinas, SP, 94 p.
- CASTRO, S. S. de – 2008 – **Micromorfologia de Solos: bases para descrição de lâminas delgadas**, 2ª Edição, UNICAMP – IG – DGEO, UFG – IESA, Campinas, Goiânia, 135 p.
- CHRISTOFOLETTI, A., 1974 **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher Ed. e Editora da Universidade de São Paulo.
- CONTI, J. B. 1971 - **Condições Climáticas das Regiões das Águas de São Pedro**. São Paulo, s.n.
- COUTARD, J. P.; DIAS FERREIRA, R. P.; PELLERIN, J.; QUEIROZ NETO, J. P. 1978b - **Carta Geomorfológica de São Pedro, SP: com memorial explicativo**. São Paulo, IGEOG-USP. 33 p. (Pedologia e Sedimentologia, 12) (Escala 1: 50.000).
- COUTARD, J. P.; DIAS FERREIRA, R. P.; PELLERIN, J.; QUEIROZ NETO, J. P. 1978b – **Excursão à Região da Serra de São Pedro e Vale do Piracicaba**. In: COLÓQUIO INTERDISCIPLINAR FRANCO – BRASILEIRO “ESTUDO E CARTOGRAFAÇÃO DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM REGIÕES TROPICIAIS, Guia das Excursões, São Paulo SP, v. II, p 45 – 74.
- DIAS FERREIRA, R. P. 1984 - **Relatório Estágio Probatório**. Departamento de Geografia, F. F. L. C. H. - USP. São Paulo SP, mimeografado. 162 p.
- DIAS FERREIRA, R. P. 1997 - **Solos e Morfogênese em São Pedro – SP**. São Paulo, (Tese de Doutorado) – Departamento de Geografia da F. F. L. C. H. - U S P, 157 p..
- DUCHAUFOR, P. 1965 - **Précis de Géomorphologie**. Paris, Masson. 481 p.
- JOURNAUX, A., PELLERIN, J., COUTARD, J. P., QUEIROZ NETO, J. P., OZOUF, J. C. 1977 - **Morphogenèse Quaternaire et Pedogenèse dans l’Etat de São Paulo, Br**. Rech. Franç. Sur le Quaternaire, INQUA, 1977, Suppl. Bull. AFEQ 50 (1): 295-301.
- MODENSESI, M. C. 1974 - **Contribuição à geomorfologia da região de Itu-Salto: estudo de formações superficiais**. Série Teses e Monografias (10): 99 p IGEOG-USP. São Paulo.
- OLIVEIRA, J. B. e BERG, M. V. D. – 1992 – **Application of the soter methodology to a semi-detailed survey (1:100 000) in the Piracicaba region**, ISRIC, 28 p.
- OLIVEIRA, D. de – 1997 – **Estudo macro e micromorfológico de uma topossequência na Bacia do Córrego do Retiro em São Pedro-SP**. Dis. Mestrado, FFLCH – DG – USP, 143 p.
- PENTEADO, M. M. 1974 - **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 158 p.
- STOOPS, G. & JONGERIUS, A. 1975 - **Proposal for micromorphological classification in soil materials. I. A classification of related distributions of coarse and fine particles**. Geoderma, Amsterdam, 13:p.189-200. (a reply Geoderma, 19, p.247-249, 1977).
- SUGUIO, K. 1999 – **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais**. Paulo’s Comunicação e Artes Gráficas, São Paulo, 366 p.
- TRICART, J. 1977 - **Précis de géomorphologie**. Tome 2: Géomorphologie Dynamique Générale, SEDES, Paris V, França, 345 p.
- VETTORI, L. 1969 - **Métodos de Análise do Solo**. Min. Da Agricultura, Bol. Téc. nº 7, R.J., 19 p.