Morfogênese e pedogênese em São Pedro (SP)

Selma Simões de Castro[1]
Rosely Pacheco Dias Ferreira[1]
José Pereira De Queiroz Neto[1]
Alain Ruellan

***Resumo**: O Programa São Pedro de Pesquisa e Ensino (PSPPE) foi um programa de cooperação acadêmico-científica franco-brasileira em vigor de 1990 a 2003, mas cujos resultados ainda continuaram sendo publicados posteriormente. Seu escopo era responder às questões levantadas pela antiga Carta Geomorfológica de São Pedro, não esclarecidas à época, sobre os processos de morfogênese e pedogênese da cuesta, denominada de Serra de São Pedro e Itaqueri, e da superfície rebaixada circundante, conhecida como glacis de São Pedro, separado da cuesta por uma zona escarpada. Permitiu o treinamento de estudantes e profissionais interessados em pesquisas sobre solos em escala de detalhe, baseadas em procedimentos de geocartografia morfopedológica e de risco, de comportamento morfológico e funcionamento de solos em topossequências e de perfís de solo testemunhas. Os resultados permitiram formar numerosos pesquisadores e reconstituir os ambientes pretéritos e explicar os atuais. Feições como ferricretes de distintas morfologias e ocupando diferentes posições topográficas, além de superpostas a silcretes no topo das Serras de São Pedro e Itaqueri, por vezes falhadas, e a transformação pedológica lateral, bem como os processos erosivos hídricos lineares intensos no glacis de São Pedro foram indicadores de que a morfogênese e a pedogênese passou por ciclos climáticos distintos e foram e ainda são congruentes.*

***Palavras-chave**: Planalto Ocidental Paulista, Depressão Periférica Paulista, Morfogênese, Pedogênese, Topossequências, Sistemas pedológicos.*

Morphogenesis and pedogenesis in São Pedro (SP)

***Abstract**: The São Pedro Program for Research and Teaching (SPPRT) was a Franco-Brazilian academic-scientific cooperation program in force from 1990 to 2003, but the results were still published later. Its scope was to answer the questions raised by the ancient Geomorphological Chart of São Pedro, not clarified at the time, about the processes of morphogenesis and pedogenesis of the cuesta, called Serra de São Pedro and Itaqueri, and the surrounding recessed surface, known as St. Pedro, separated from the slope by a steep area. It allowed the training of students and professionals interested in research on soils on a scale of detail, based on procedures of morphological and risk geocartography, morphological behavior and functioning of soils in topossequences and soil profiles of witnesses. The results allowed to train numerous researchers and reconstitute past environments and explain the current ones. Fey as ferricretes of different morphologies and occupying different topographic positions, besides overlapping silverstones on top of the sometimes unsuccessful Serra de São Pedro and Itaqueri, and the lateral pedological transformation, as well as the intense linear erosive water processes in the glaciers of São Pedro*

[1] Departamento de Geografia - FFLCH - USP. E-mail: selma.castro@uol.com.br

were indicators that morphogenesis and pedogenesis underwent distinct climatic cycles and were and are still congruent.

***Keywords**: Morphogenesis and pedogenesis, Pedological Cover, Paleossolos, Ferruginous breastplates, Silicificated bands, Toposequences.*

INTRODUÇÃO

O Programa São Pedro, nome do município homônimo em que a área de pesquisa se situa, na porção centro-ocidental do estado de São Paulo, vigorou entre 1990 e 2003 e visou elucidar questões pedogeomorfológicas levantadas, mas não respondidas na Carta Geomorfológica de São Pedro (QUEIROZ NETO & JOURNAUX, 1978), não respondidas à época e que se referiam à origem dos compartimentos geomorfológicos identificados na área, se erosivos ou neotectônicos e aos materiais de origem dos solos, se autóctones ou alóctones. Tais pesquisas se desenvolveram no bojo dos convênios franco-brasileiros firmados na década de 1970 com o Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (DG/USP), financiados pelo CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa Científica do Brasil e o CNRS – *Conseil National de la Recherche Scientifiq*ue, França, coordenados pelos citados autores, os quais resultaram numa coletânea de cartas geomorfológicas e de formações superficiais, dentre elas a de São Pedro.

Para responder àquelas questões e outras das demais cartas produzidas, um novo convênio franco-brasileiro foi firmado, desta feita no âmbito dos acordos CAPES x COFECUB (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior e *Comité Français d'Évaluation de la Coopération Universitaire et Scientifique avec le Brésil*), entre 1990 e 1998, coordenado inicialmente (1990-94) pelos Prof. José Pereira de Queiroz Neto do DG/USP e Alain Ruellan *do Institut National pour La Recherche Agronomique* (INRA), de Rennes, França, e posteriormente (1994-1998) pelas duas primeiras autoras deste artigo pelo lado brasileiro. Sua principal base teórica e metodológica ancorou-se na proposta conhecida como Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (AECP) (BOULET, 1988; RUELLAN, 1988; QUEIROZ NETO, 1988, 2000, entre outros), em técnicas geológico-geomorfológicas e pedológicas em escalas de detalhe (macro/ micromorfológicas e estratigráficas), enfatizando os sistemas pedológicos expostos em topossequências (RUELLAN, 2005) como indicador de processos de morfogênese e pedogênese, bem como de comportamento físico-hídrico dos solos.

O novo projeto intitulou-se *Morfologia dos Sistemas Pedológicos Tropicais: relações com os funcionamentos hídricos e fertilidades* e incluiu várias áreas-teste, dentre elas São Pedro, que

passou a ser objeto do Programa São Pedro de Pesquisa e Ensino (PSPPE). Este teve início em 1993 com um curso de AECP ministrado por Alain Ruellan, como disciplina da Pós-Graduação em Geografia Física do DG-USP, junto ao Laboratório de Pedologia da USP / LABOPED, cuja parte prática envolveu o treinamento em levantamento de topossequências na borda do glacis de São Pedro, cientificamente coordenada por René Boulet, à época da ORSTOM (hoje IRD) e operacionalizado por vários monitores experientes no procedimento, agregando cerca de 40 pessoas, na maioria estudantes de pós-graduação. O levantamento geológico estrutural da Serra de Itaqueri e São Pedro foi realizado posteriormente, coordenado pela geóloga Marcilene Santos (à época da UNESP/ Rio Claro), com ênfase na influência neotectônica na evolução do relevo.

Alguns estudantes de Pós-graduação deram prosseguimento aos estudos contemplando recortes espaciais e temáticos específicos na forma de trabalhos acadêmicos. Ao todo foram sete trabalhos de conclusão de graduação em Geografia (OLIVEIRA, 1992; NAKASATO, 1992; BUZATO, 1994; ALARSA, 1994; FURQUIN, 1997; CAPELLARI, 1996; e OLIVEIRA, 1996), três mestrados (OLIVEIRA, 1997; BUZATO, 2000; FURQUIN, 2002) e dois doutorados (DIAS FERREIRA, 1997; LADEIRA, 2002). Paralelamente, também foram publicados vários artigos em periódicos e em anais de eventos, nacionais e internacionais. Dois eventos vinculados ao Convênio CAPES x COFECUB (nas duas fases citadas), foram realizados, o IX Seminário de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, em Sorocaba, em 1994, coordenado por Espíndola (1994) e o Seminário Franco-Brasileiro de campo (passando pelas várias áreas de pesquisa focadas no convênio, dentre elas a de São Pedro), para fins de balanço e discussão, cujos anais apresentaram praticamente resumos expandidos de todos os trabalhos desenvolvidos com base na Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, organizado por Castro; Guimarães; Ruellan (1995). A equipe do PSPPE também participou ativamente de eventos nacionais (ALARSA, CASTRO, DIAS FERREIRA, 1995; OLIVEIRA, BUZATO E CASTRO, 2000; CASTRO, DIAS FERREIRA, 1995; DIAS FERREIRA, 2000; SANTOS; LADEIRA, 2006; REZENDE ET AL., 2008). Igualmente de eventos internacionais (CAPELLARI; CASTRO, 1996; CAPELLARI; CASTRO; DIAS FERREIRA, 1998; FURQUIM, CASTRO, DIAS FERREIRA, 1999; LADEIRA, 2002; CAPELLARI et al., 2005; LADEIRA, SANTOS, CASTRO, 2004).

A Carta Geomorfológica de São Pedro e seus compartimentos geomorfológicos

A Carta Geomorfológica de São Pedro, em escala 1: 50.000 (COUTARD et al., 1978), em parte representada na Figura 1, identificou quatro grandes compartimentos geomorfológicos presentes na área, distribuídos de norte ao sul (Figura 2): (1) o mais elevado, a Serra de São Pedro e Itaqueri, com seu *front* escarpado; (2) o rebaixado, denominado glacis de São Pedro e (3) seu *front* de dissecação com terraços escalonados até a planície do rio Piracicaba; além do (4) a própria planície, nível de base local e regional.

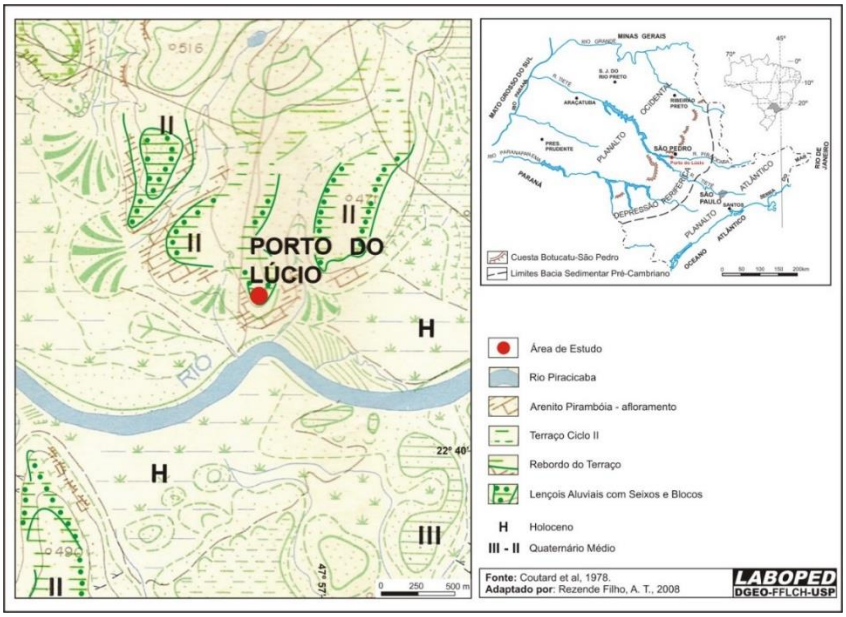


Figura 1: Carta Geomorfológica de São Pedro simplificada.
Fonte: Dias Ferreira (1998).

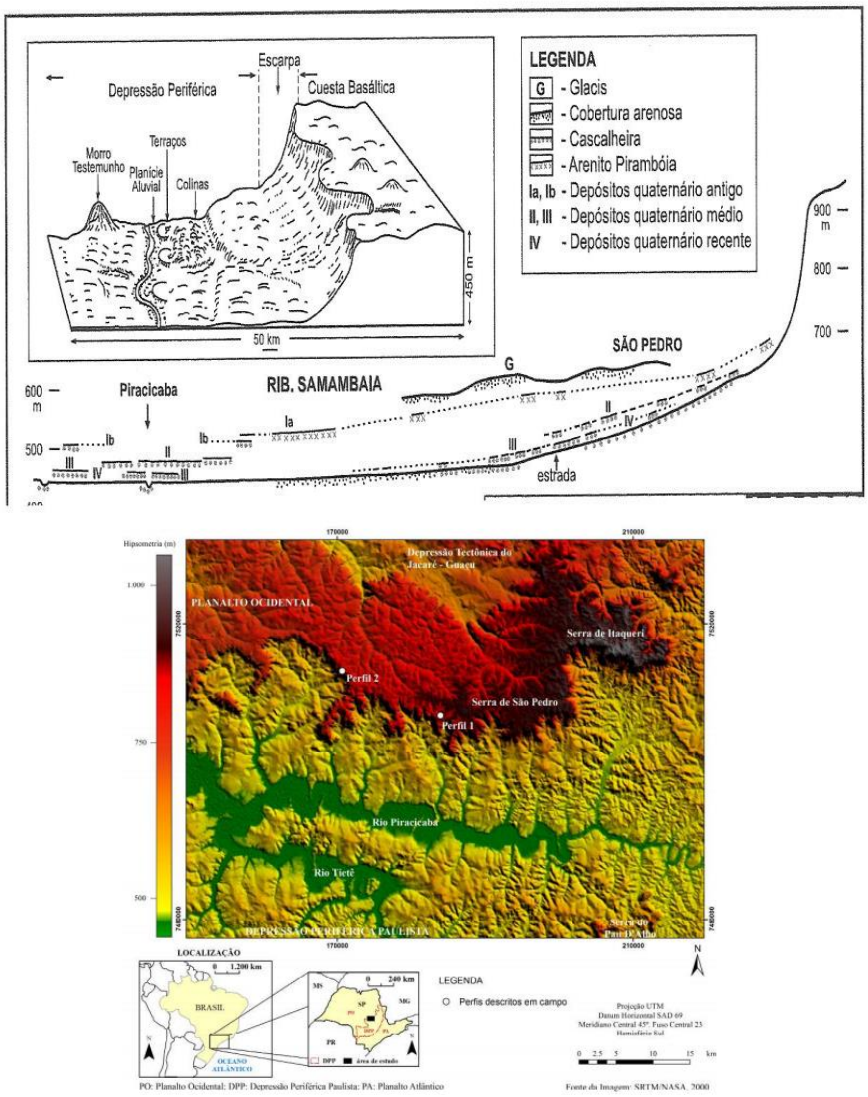


Figura 2: Superior: Bloco Diagrama da Carta Geomorfológica de São Pedro mostrando os compartimentos geomorfológicos (DIAS FERREIRA, 1998); Inferior: Hipsometria da região (PINHEIRO et al, 2016)

Os quatro grandes compartimentos geomorfológicos (Fig.1 e 2), conforme Queiroz Neto & Journaux (1978), se caracterizam como a seguir:

a) Serra de São Pedro e Itaqueri – o reverso da escarpa da cuesta, limite do Planalto Ocidental Paulista na área. Nivelada entre 900 e 1000+m de altitude, apresenta relevo suave ondulado associado a Latossolos Vermelhos (LV), Vermelho-Amarelos (LVA) e Amarelos (LA) desenvolvidos sobre a Formação Itaqueri, comumente silicificada, por vezes subjacente a perfil laterítico típico; apresenta também morrotes residuais e depressões fechadas. Os morrotes expõem couraças ferruginosas nos terços superiores (do tipo maciças psolíticas) aflorantes ou sob LV contendo resíduos nodulares das mesmas; e nos terços médios (do tipo conglomeráticas) aflorantes ou cobertas por LVA, igualmente

contendo resíduos das mesmas. As depressões fechadas assentam-se sobre basaltos da Formação Serra Geral. A Serra é limitada por uma escarpa *(front* da cuesta), cujo sopé conecta-se ao glacis de São Pedro. A escarpa apresenta orientação Leste-Oeste, desnível de cerca de 300m, paredões abruptos e entalhados pelos principais afluentes do rio Piracicaba que aí nascem e expõe afloramentos da Formação Botucatu e dos basaltos da Formação Serra Geral e, por vezes, ocorrências de Neossolos Litólicos (RL).

b) Glacis de São Pedro (*avant front* da cuesta) - de direção norte-sul, pouco dissecado e posicionado entre os depósitos de talus e rampas arenosas do sopé da escarpa e a zona intensamente dissecada do glacis a jusante; nivelado ao redor de 650m de altitude, é recoberto por Neossolos Quartzarênicos sustentados pelos arenitos da Formação Pirambóia, os quais em direção ao fundo dos vales passam a Neossolos Quartzarênicos hidromórficos, interrompidos por cornijas e afloramentos dos arenitos que separam o glacis da zona intensamente dissecada a jusante. O glacis apresenta ravinas e voçorocas de grande porte.

c) Zona intensamente dissecada - próxima ao vale do rio Piracicaba, nivelada a cerca de 550m onde predominam interflúvios estreitos e sinuosos, cobertos por Neossolos Quartzarênicos (RQ) a montante, próximo ao glacis, muitos contendo numerosas bandas onduladas empilhadas e *stone lines* de quartzo e quartzito no horizonte C. A jusante, nas colinas, passam lateralmente a Argissolos Vermelho Amarelos (PVA), contendo também *stone-lines* entre os horizontes Bt e C e coalescência de bandas onduladas nos horizontes E originando os Bt.

d) Sistemas de Terraços escalonados - descendentes, no total de quatro, variando de 520 a 450m de altitude, considerados fluviais (do rio Piracicaba), em cujos mais elevados afloram cascalheiras espessas constituídas por litologias regionais e nos mais baixos estão recobertas por LVA.

A origem e evolução desses compartimentos foram interpretadas como de dissecação erosiva diferencial (cuesta) regressiva e alteração, remanejamento e deposição de sedimentos arenosos derivados dos arenitos Pirambóia (glacis). Os sistemas pedológicos (sucessão lateral de solos) congruentes com o relevo atual, evidenciados pela geometria concordante dos seus horizontes com a topografia atual, estavam em nítido desequilíbrio pedogenético, por transformação lateral, como o de LVA em PVA, do topo à base dos interflúvios amplos do glacis (Boulet et al., 1984;

Castro, 1990; Queiroz Neto, 2000, 2011), condicionando fluxos hídricos laterais e verticais em consonância com a natureza e geometria dos horizontes nas topossequências e promovendo erosão hídrica linear (ravinas e voçorocas). A transformação pedológica lateral foi interpretada como resultante de reajustes hidráulicos progressivos dos interflúvios à medida que o nível de base se aprofundava, associado à tropicalização progressiva do clima no Quaternário.

Os compartimentos *Serra de São Pedro-Itaqueri e glacis de São Pedro* foram considerados *chave* para a interpretação da evolução morfopedológica local e talvez regional. Respectivamente, por poderem esclarecer: (a) as relações entre os LV e os LVA, os substratos constituídos pelo arenito silicificado da Formação Itaqueri e o basalto intercalado da Formação Serra Geral, bem como com as ferricretes (couraças ferruginosas) superficiais em diferentes graus de evolução geoquímica no reverso da referida Serra; (b) as relações entre os RQ e o arenito Botucatu/Pirambóia do substrato e o processo de dissecação do glacis, na busca dos indicadores pedogenéticos correlativos.

Compartimento Geomorfológico Serra de São Pedro e Itaqueri

Os estudos focaram três diferentes problemáticas: (1) do sistema pedológico presente nos morrotes residuais assimétricos do reverso da cuesta, constituído por LVA no topo e na base, separados por couraça (ferricrete) conglomerática (por conter material clástico cimentado) superficial; (2) dos tipos de couraças (ou ferricretes) correspondentes às sucessivas fases evolutivas de um perfil laterítico típico (Tardy 1993) e Thomas (1994), desenvolvidas sobre os arenitos silicificados da Formação Itaqueri e associados aos Latossolos Amarelos (LA) e aos RL sotopostos; (3) origem do processo de silicificação (silcrete) da Formação Itaqueri subjacente ao perfil laterítico. As duas primeiras foram pesquisadas por Buzato (1994 e 2000) e a terceira por Ladeira (2002).

Buzato (1994) procedeu ao estudo em detalhe de um morrote assimétrico representativo do reverso da Serra de Itaqueri, através de uma topossequência (Figura 3). A autora associou a assimetria dos morrotes a controle litoestrutural condicionada por deformações pós-formacionais de origem tectônica, que também condicionavam a direção preferencial dos canais de drenagem de todo o reverso da cuesta. A presença da couraça ferruginosa, por ela denominada de ferricrete, associava-se aos ressaltos topográficos sendo que a couraça conglomerática evidenciava o processo inicial de formação de ferricrete, devido sua baixa evolução geoquímica marcada por

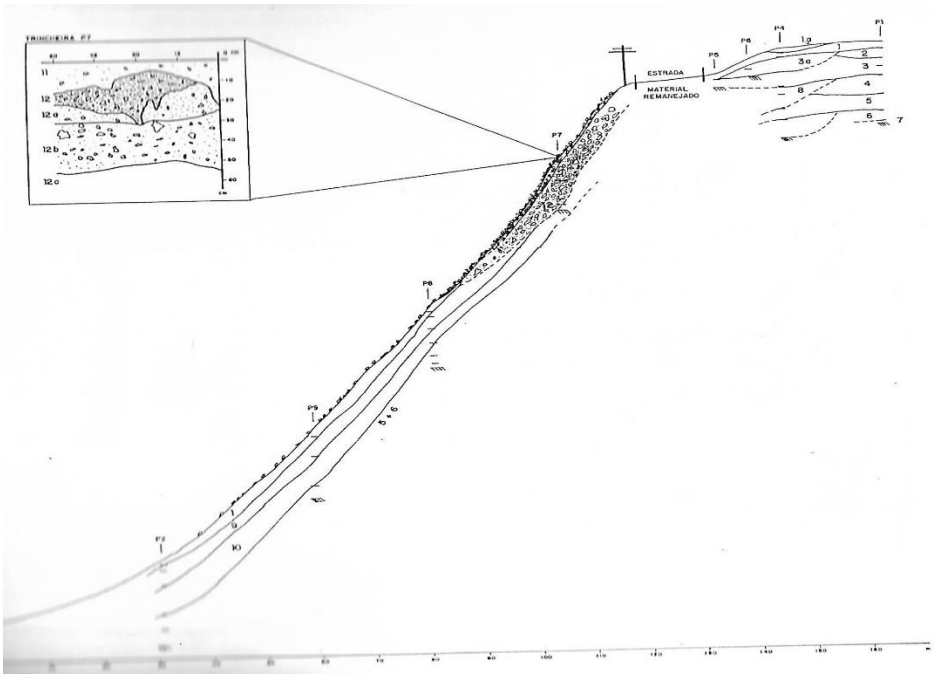
fragmentos das litologias locais ainda não epigeneizados; e a maciça ou psolítica do topo associava-se à fase mais evoluída.

Posteriormente, Buzato (2000) mapeou a morfologia do relevo na escala 1: 40.000 e representou-a por uma sequência denominada de Cantagalo (nome da localidade), por apresentar praticamente toda a tipologia de ferricretes (couraças) do reverso, desde as conglomeráticas, menos evoluídas e situadas nas encostas, sobretudo nas rupturas de declive de topo dos interflúvios e morrotes, sustentando-os, até as laminares (*slaby*), e as maciças, mais evoluídas e supostamente mais antigas, situadas nos topos dos interflúvios e mesmo no fundo das depressões fechadas de topo desenvolvidas sobre basaltos, que também poderiam ter sido a fonte de ferro para outras couraças que se formaram posteriormente.

A autora também identificou uma brecha entre a ferricrete conglomerática e a maciça e a associou claramente à Formação Itaqueri, devido à clara filiação genética com as duas fácies das ferricretes, uma conglomerática basal e uma maciça e silicificada sobrejacente. Baseando-se em estudos macro e micromorfológicos dos solos e das ferricretes, acompanhados de análise laboratoriais, atribuiu a idade Pós-Páleo-Eocênica às ferricretes, ou seja, intermediária entre o arenito considerado Paleoceno-Eoceno da Formação Itaqueri e o relevo atual esculturado no Pleistoceneo-Holoceno (tropical subúmido) e os morrotes e depressões à sua presença. Já a brecha, que testemunharia movimento (neo)tectônico, seria pós-formacional e teria perturbado a orientação inicial do pacote, como também reconhecido por Ladeira e Santos (1996), em ferricretes falhadas nas proximidades. Por fim, os LV e LVA, para ela, seriam derivados da alteração das ferricretes, sobretudo das mais evoluídas, por conterem fragmentos das mesmas na sua fração grossa; mas, os RQ, segundo ela, estariam relacionados às ferricretes menos evoluídas (conglomeráticas) e às rupturas mais acentuadas de declive. A autora conclui que o reverso da cuesta teria sido submetido a mudanças paleoclimáticas ocorridas entre o Neogeno e o Quaternário, mas também a movimentos (neo) tectônicos relativamente recentes, moldando-o.

Ladeira (2002) ao estudar os sedimentos terciários que originaram a Formação Itaqueri do reverso da Cuesta identificou perfis de paleossolos, contidos nos estratos litológicos, caracterizando-os por meio de procedimentos pedológicos, sedimentológicos, estratigráficos, mineralógicos, geológico-estruturais, químicos e micromorfológicos, visando identificar os processos pedogenéticos atuantes, bem como os paleoambientes em que se desenvolveram (Figura 4). O autor reconheceu a presença de dois leques aluviais na Formação Itaqueri, composta por sedimentos depositados em sob condições semiáridas de evolução complexa, mas que também envolve mudanças

climáticas, pulsos tectônicos e dois diferentes momentos deposicionais alternados por períodos de clima mais úmido que favoreceu o desenvolvimento de perfis de alteração (Figura 5).



CONVENÇÕES

CORTE DE ESTRADA COM MATERIAL REMANEJADO NO LEITO CARROÇAVEL, COMPACTADO.

TRANSIÇÃO INFERIDA ENTRE VOLUMES PEDOLÓGICOS

BLOCOS SOLTOS DE COURAÇA FERRUGINOSA CONGLOMERÁTICA

COURAÇA FERRUGINOSA CONGLOMERÁTICA

LIMITE DE TRADAGEM

P7 SONDAGEM A TRADO

1 - VOLUME SUPERFICIAL 7,5 YR 3/2 (BRUNO-ESCURO), ARGILOSO COM NÓDULOS E REDE AVERMELHADA.
1a - VARIAÇÃO LATERAL DO VOLUME 1 10 YR 3/3 (BRUNO-ESCURO) E 7,5 YR 5/6 (BRUNO-FORTE), ARENO-ARGILOSO
2 - VOLUME 5 YR 4/6 (VERMELHO-AMARELADO) COM NÓDULOS E PEQUENOS VOLUMES AMARELADOS.
3 - VOLUME BIFÁSICO 10 YR 5/8 (BRUNO-AMARELADO) E 4/6 (BRUNO-AMARELADO ESCURO), TRIFÁSICO EM PROFUNDIDADE 10 YR 5/8, 4/6, 6/6 (AMARELO-BRUNADO), ARGILOSO, MICROAGREGADO.
3a - VOLUME 7,5 YR 4/4 (BRUNO), MICROAGREGADO COM NÓDULOS DE ARGILA COMPACTA, AMARELANDO EM PROFUNDIDADE E NÓDULOS VERMELHOS.
4 - VOLUME TRIFÁSICO 10 YR 6/7 (AMARELO-BRUNADO), 5 YR 4/6 (VERMELHO-AMARELADO) E 2,5 YR 3/6 (VERMELHO-ESCURO), ARGILOSO (AVERMELHANDO), MICROAGREGADO.
5 - VOLUME VERMELHO VIVO DOMINANTE 10 R 4/6 (VERMELHO) E 2,5 YR 4/6 (VERMELHO), MICROAGREGADO COM REDE BRUNA 10 YR 5/6 (BRUNO AMARELADO) E PONTUAÇÕES BRANCAS, NA BASE DA VERTENTE ESTAS CONSTITUEM REDE ARENOSA.
6 - VOLUME VERMELHO IDEM AO 5, MAIS HOMOGÊNEO (C/REDE BRANCA DESCONTÍNUA E QUARTZO PULVERULENTO), ARGILOSO.
7 - VOLUME 10 R 4/8 (VERMELHO), CASCALHENTO (QUARTZO) E VOLUMES PRETOS.
8 - VOLUME 10 YR 5/8 (BRUNO-AMARELADO), ARGILOSO MICROAGREGADO, HOMOGÊNEO.
9 - VOLUME SUBSUPERFICIAL DE VERTENTE 5 YR 4/6 (VERMELHO-AMARELADO) E 3/4 PARA SUPERFÍCIE (BRUNO-AVERMELHADO ESCURO) TENDÊNCIA À MICROAGREGAÇÃO EM PROFUNDIDADE E AVERMELHANDO, ARGILOSO, BLOCOS COM NÚCLEOS VIOLÁCEOS.
10 - VOLUME 2,5 YR 4/6 (VERMELHO-AMARELADO), ARGILO-ARENOSO, COM GRANDES VOLUMES 10 R 4/6 (VERMELHO) OU VIOLÁCEOS, ARGILOSO, MICROAGREGADO, COM CASCALHO DE QUARTZO, ALGUNS PULVERULENTOS.
11 - VOLUME SUPERFICIAL 10 YR 5/4 (BRUNO-AMARELADO), ARENOSO COM AREIA GROSSA. FRAGMENTOS DE COURAÇA.
12 - VOLUME COM MATRIZ FINA E TENDENDO A MICROAGREGADA 10 YR 4/3 (BRUNO-ESCURO) COM BLOCOS DE COURAÇA, SEIXOS E CASCALHOS QUARTZOSOS E ARENÍTICOS.
12a - VARIAÇÃO DO VOLUME 12: A MATRIZ FINA PASSA A 7,5 YR 4/3 (BRUNO-ESCURO) DIMINUI O TAMANHO E FREQÜÊNCIA DOS BLOCOS DE COURAÇA, ALGUNS ALTERADOS.
12b - VARIAÇÃO DO VOLUME 12: A MATRIZ FINA PERMANECE 7,5 YR 4/3 (BRUNO-ESCURO), PORÉM TORNA-SE ARGILO-ARENOSA, COM BASTANTE AREIA GROSSA, DIMINUEM OS SEIXOS E CASCALHOS E APARECE ESTRUTURA SUBANGULAR MÉDIA A PEQUENA, MODERADA QUE SE DESFAZ EM MICROAGREGADA.
12c - VARIAÇÃO DO VOLUME 12: APENAS A MATRIZ PASSA A 5 YR 4/6 (VERMELHO-AMARELADO) E DOMINA, DANDO MAIOR HOMOGENEIDADE E OS SEIXOS SÃO MUITO PULVERULENTOS.

Figura 3: Topossequência de morrote representativo do reverso da Cuesta de S. Pedro-Itaqueri
Fonte: adaptada de Buzato (1994).

Segundo a Figura 5, o primeiro perfil é de um Argissolo (antes denominado de Podzólico), espesso e desenvolvido a partir dos sedimentos do primeiro leque aluvial que sofreu silicificação posterior; e o segundo, um perfil laterítico muito espesso (≈40m), desenvolvido a partir dos sedimentos do segundo leque aluvial, separados por uma discordância erosiva com uma cascalheira não silicificada. Para o autor, os movimentos tectônicos Cenozóicos posteriores do tipo *Horst e Graben* soergueram e abateram a área, promovendo inversão de relevo, destruição parcial dos sedimentos e dos paleossolos, além de um reposicionamento altimétrico diferenciado, dificultando bastante a reconstituição paleoambiental. Porém, dada a posição relativamente protegida, os paleossolos permaneceram residuais em alguns setores já que nas demais posições eles foram destruídos total ou parcialmente pelos processos erosivos que se seguiram com a consolidação do ambiente tropical, o que só foi possível trabalhando em perfis de solo profundos e incluindo os substratos associados, além de seções geológico-estratigráficas representativas. Tais aspectos eram até então relativamente desconhecidos, ainda que a fonte da sílica e a natureza e envergadura dos pulsos não tenham sido suficientemente esclarecidas.

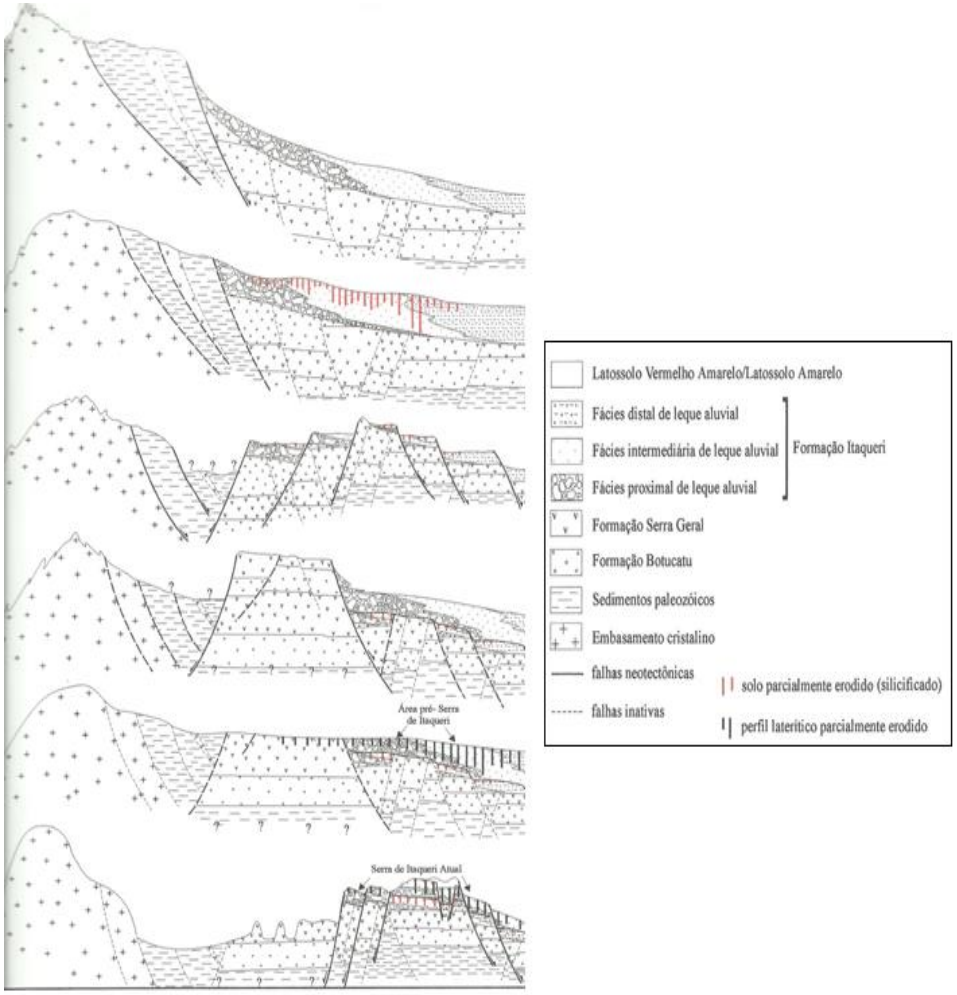


Figura 4: Solos na evolução tectônica da Serra de Itaqueri
Fonte: Ladeira (2002)

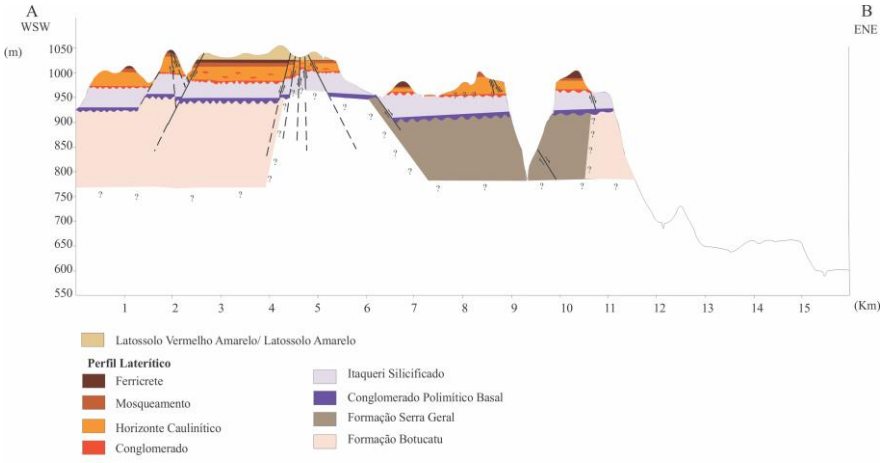


Figura 30 - Seção geológica (preliminar) A-B da área mostrando os horstes e grábens afetando os materiais.

Figura 5: Seção geológica da área mostrando os horst e graben.
Fonte: Ladeira (2002)

O Compartimento geomorfológico Glacis de São Pedro

O Glacis de São Pedro, que se estende da base do *front* da escarpa até o limite com a planície do rio Piracicaba, é cortado por vários afluentes do rio Piracicaba, como o do Meio, o Samambaia, o do Retiro e o Araquá, grosso modo orientados na direção N-S, como o próprio glacis, que apresenta diversas problemáticas intrincadas, a saber: (a) a presença de *stone lines* nos Neossolos Quartzarênicos e nos Argissolos Vermelho-Amarelos, sobretudo na parte mais a montante do glacis próxima à escarpa da Serra; (b) a passagem lateral dos Neossolos Quartzarênicos a Argissolos Vermelho-Amarelos com

bandas onduladas nos horizontes E, as quais evoluem lateralmente por coalescência formando um horizonte Bt; (c) as bandas onduladas dos Neossolos Quartzarênicos posicionados na transição entre o glacis e a zona dissecada abaixo sugerindo intensa mobilidade de finos; (d) a dinâmica morfogenética atual de dissecação erosiva marcada por incisões lineares recentes (ravinas e voçorocas de grande porte) associadas a estradas, loteamentos e outros usos, ressaltando o papel humano na aceleração do processo de dissecação do glacis.

Em outras palavras, a cobertura arenosa do glacis fora interpretada por Coutard et al. (1978), como depósito correlativo da pedimentação que originou o glacis, justificada sobretudo pela presença das *stone-lines* no contato do solo com a rocha. Mas, a ocorrência de fácies cascalhentos com seixos na própria Formação Pirambóia (Triássico), substrato rochoso local, levou a questionar essa interpretação, já que a *stone-line* podia ser uma herança litológica dessa formação, realçada pela alteração e exposta pela dissecação morfogenética, como demonstrado bem mais tarde por Rezende Fo. et al*,*. (2008) estudando os seixos e sua matriz dos terraços escalonados do rio Piracicaba.

Em síntese, buscou-se inventariar as organizações pedológicas e estabelecer as aproximações entre o *continuum* do solo e o continuum da vertente e deste agenciamento levantar as hipóteses quanto ao funcionamento atual, base para a interpretação da evolução morfológica da área. Priorizou-se: a) a cartografia morfopedológica para seleção de locais representativos visando outros estudos posteriores, como realizado por Alarsa (1993), Capellari (1996) e Furquim (1997), focando os interflúvios entre os Ribeirões Samambaia e Araquá, do Meio e Samambaia, além da Bacia do Córrego do Espraiado, respectivamente; b) o estudo granulométrico, mineralógico e morfoscópico comparativo de areias de um perfil de RQ acima e abaixo de *stone-line,* posicionado na área mais preservada do glacis, área central, buscando traços de filiação do solo ao substrato,

como realizado por Oliveira (1992); c) a identificação dos sistemas pedológicos representativos do glacis, tanto de sua área preservada como dissecada, como fizeram Oliveira (1997), Furquim (2002) e Dias Ferreira (1997);d) o aprofundamento dos estudos morfológicos e micromorfológicos das transições laterais e verticais entre os solos desses sistemas, de modo a testar a hipótese de transformação lateral de um solo em outro, e, nesse sentido, enfatizando a origem das bandas onduladas dos RQ no topo dos interflúvios e a transição lateral do RQ para os Argissolos – PV, sobretudo quanto à origem do Bt (OLIVEIRA, 1997); e também a respeito das diferenças entre os solos a jusante e a montante do truncamento erosivo da vertente, separados por cornija (DIAS FERREIRA, 1997); e) a identificação das rotas superficiais e subsuperficiais das águas pluviais infiltradas, através da análise de indicadores morfológicos da cobertura pedológica, de modo a entender a circulação hídrica e seu papel na ação morfogenética/pedogenética como motor desses processos, como deduzido por Dias Ferreira (1997);f) a avaliação evolutiva das formas e da distribuição temporal dos focos erosivos hídricos lineares (1:25.000) a partir da fotointerpretação de série histórica de fotos aéreas (1962, 1972 e 1978) do glacis, validadas em campo em 1994, relacionando-as aos compartimentos morfopedológicos e usos do solo, como realizado por Oliveira (1996); bem como, avaliar e cartografar os riscos à erosão hídrica linear, como realizado por Capellari (1996).

Os resultados permitiram constatar a subdivisão do glacis de São Pedro em três grandes compartimentos morfopedológicos: Zona Preservada, ao norte, Zona Dissecada, ao sul e Zona de Transição, entre ambas. A Zona Preservada apresenta amplos interflúvios desde o sopé da cuesta arenítico, mais preservados no sentido sul e sudoeste e mais entalhados para leste, principalmente pela drenagem do Rio Araquá. Seu relevo é colinoso suave, com topos amplos, vertentes convexas de baixas declividades. Predominam os RQ finos, ácidos a muito ácidos, quartzosos e cauliníticos, pobres, corroborando dados obtidos por Demattê; Holowaychuk (1977a). A Zona de Transição apresenta interflúvios mais estreitos, altitudes menores, vertentes mais declivosas com RQ dominantes nos topos e similares aos da Zona Preservada, os quais passam, lateralmente, nas vertentes, a PV e depois RL (Capellari, 1995; Dias Ferreira, 1997; Oliveira, 1997; Furquim, 2002). A transição RQ/PV é marcada pela ocorrência de numerosas bandas onduladas, com um pouco mais de argila e ferro, empilhadas (Dias Ferreira,1997 e Oliveira,1997) na bacia do Retiro. Os PVA são ácidos, distróficos a álicos, com argila de atividade baixa, horizonte E arenoso e Bt de textura média e estrutura subangular média, confirmando o exposto por Demattê; Holowaychuk, 1977a e Oliveira (1997). Na porção leste dessa Zona, Furquim

(1997, 2002) assinala que a intensidade da dissecação foi maior, porém conserva as mesmas tendências. A Zona Dissecada situa-se ao sul e a leste da Zona de Transição onde dominam interflúvios estreitos e mais rebaixados que os anteriores, vertentes com declividades mais altas e várias rupturas de declive reconhecidas como cornijas. Os PV e os RQL predominam tanto nos topos, quanto nas vertentes (Capellari, 1995; Oliveira, 1997) de constituição similar aos solos equivalentes da Zona de Transição. Como sequência de solos apresenta os RQ nos topos, RQ com bandas nas áreas com declividades médias no terço superior das vertentes e associação entre RL e Gleissolo (G) nas áreas com altas declividades, nos terços médio e inferior das vertentes.

Oliveira (1997), estudando o sistema pedológico de montante da cornija, mostrou a presença de RQ no topo e terço superior, de PVA no terço médio e de RL no inferior (Figura 6). Demonstrou também que a forma e declive dos topos dos horizontes Bt e Btg são concordantes com a topografia atual, portanto evoluíram em consonância com esta. E ainda, por meio micromorfologia e analíticos, demonstrou que as passagens: (a) a montante, dos RQ (topos) para os PV (alta vertente) e do horizonte E para o Bt, se dava por coalescência de numerosas bandas onduladas, por redistribuição interna de matéria (argila), ou seja e-iluviação; (b) a passagem do Bt a um Btg (hidromórfico) para jusante se dava sobre um horizonte C que também lateralmente passa a um RL, com um horizonte C plíntico, fortemente gleizado e com evidência clara de isoalteração esmectítica associada à presença de lençol suspenso. Contudo, convém ressaltar os horizontes E e Bt desaparecem na passagem do segmento intermediário para o inferior e o horizonte C desaparece na transição do segmento superior para o intermediário; o RQ cria zonas com menor e maior densidade do solo no interior dos perfis, o que poderia induzir um rebaixamento da superfície; e as bandas onduladas estão separadas por volumes interbandas no terço superior da vertente, no horizonte C do RQ, são de maior expressão na Zona de Transição do glacis para a zona dissecada.

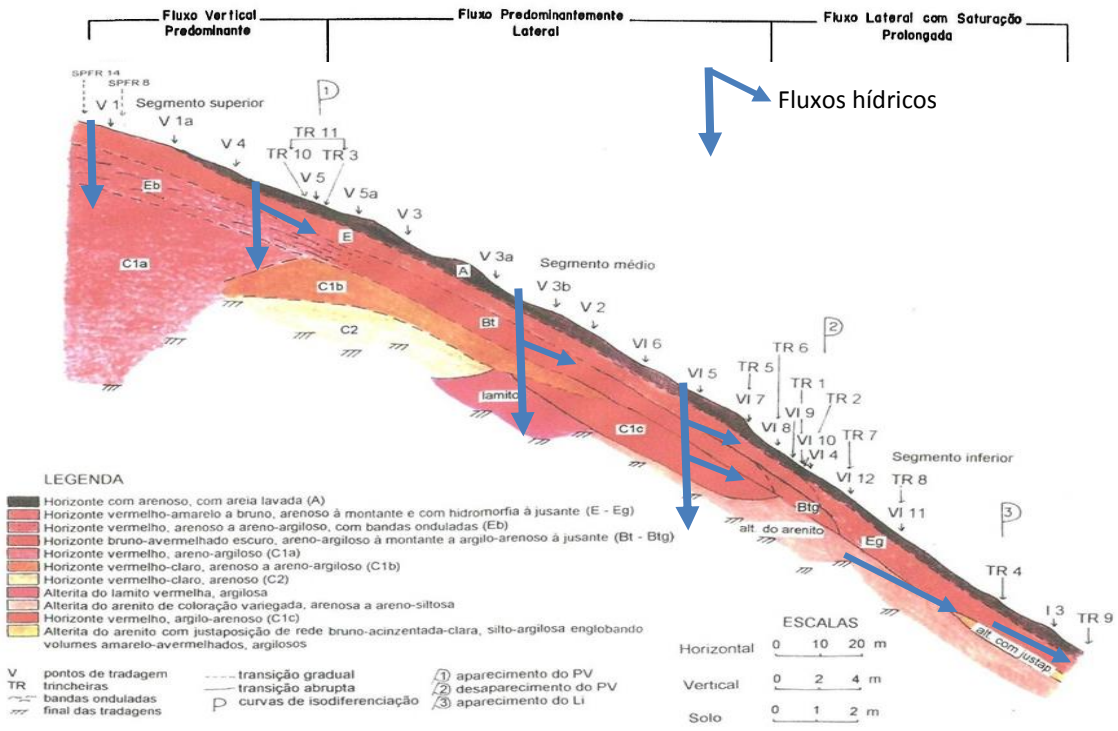


Figura 6: Topossequência Retiro I do glacis de São Pedro – bacia do córrego Retiro.
Fonte: adaptado de Oliveira (1997) e Dias Ferreira (1997)

A origem das bandas foi interpretada como feições de e-iluviação associadas a pouca argila e elevada dispersão em meio muito poroso, como é próprio do RQ, fato confirmado pela presença de revestimentos (cutãs) típicos de iluviação nos macroporos das bandas, com orientação forte e contínua, corroborando proposta de Brewer (1976). A circulação hídrica dessa vertente a montante da cornija foi interpretada por Dias Ferreira (1997).

O sistema a jusante da cornija (DIAS FERREIRA, 1997) (Figura 7), também indica estreita relação entre formas erosivas, circulação hídrica e organização da cobertura pedológica, cujos indicadores foram: maior contraste textural e de umidade entre os horizontes, presença de bolsões arenosos, bem como de trechos da vertente onde a água permanece mais ou menos estagnada, embora com alguns pontos de surgências, que permitiram mapear o nível do lençol freático. Nesse sistema, a organização geométrica dos horizontes e as características morfológicas dos horizontes, sobretudo de hidromorfia. Constituir-se-iam em elementos-chave para reconhecer as zonas de bloqueio e de drenagem da água e, assim, reconstituir as rotas preferenciais do escoamento. Nesse sentido, as feições identificadas, principalmente nódulos avermelhados e amarelados em meio à matriz cinza compondo padrão reticulado, indicam a ocorrência de processos químicos e

mecânicos no interior do sistema, desencadeados principalmente pela circulação da água, conduzindo a redistribuição e/ou remoção de material em toda a transecção (Figura 7).

A mesma autora assinala que as transformações e mobilização de matéria vertical e lateralmente se relacionam direta ou indiretamente com as formas erosivas (sulcos, ravinas, abatimentos) observadas, indicando sua fragilidade, como assumido em termos de sua suscetibilidade a tal processo por Capellari (1996). Este autor corrobora a ideia de que haveria uma perda de volume dos solos e um rebaixamento do modelado local, assim como descrito em outras áreas tropicais, onde a dissecação do modelado é compatível com ajustes das vertentes à medida que os sucessivos aprofundamentos dos níveis de base prosseguem com a continuidade climática (DIAS FERREIRA, 1997; FURQUIM,2002).

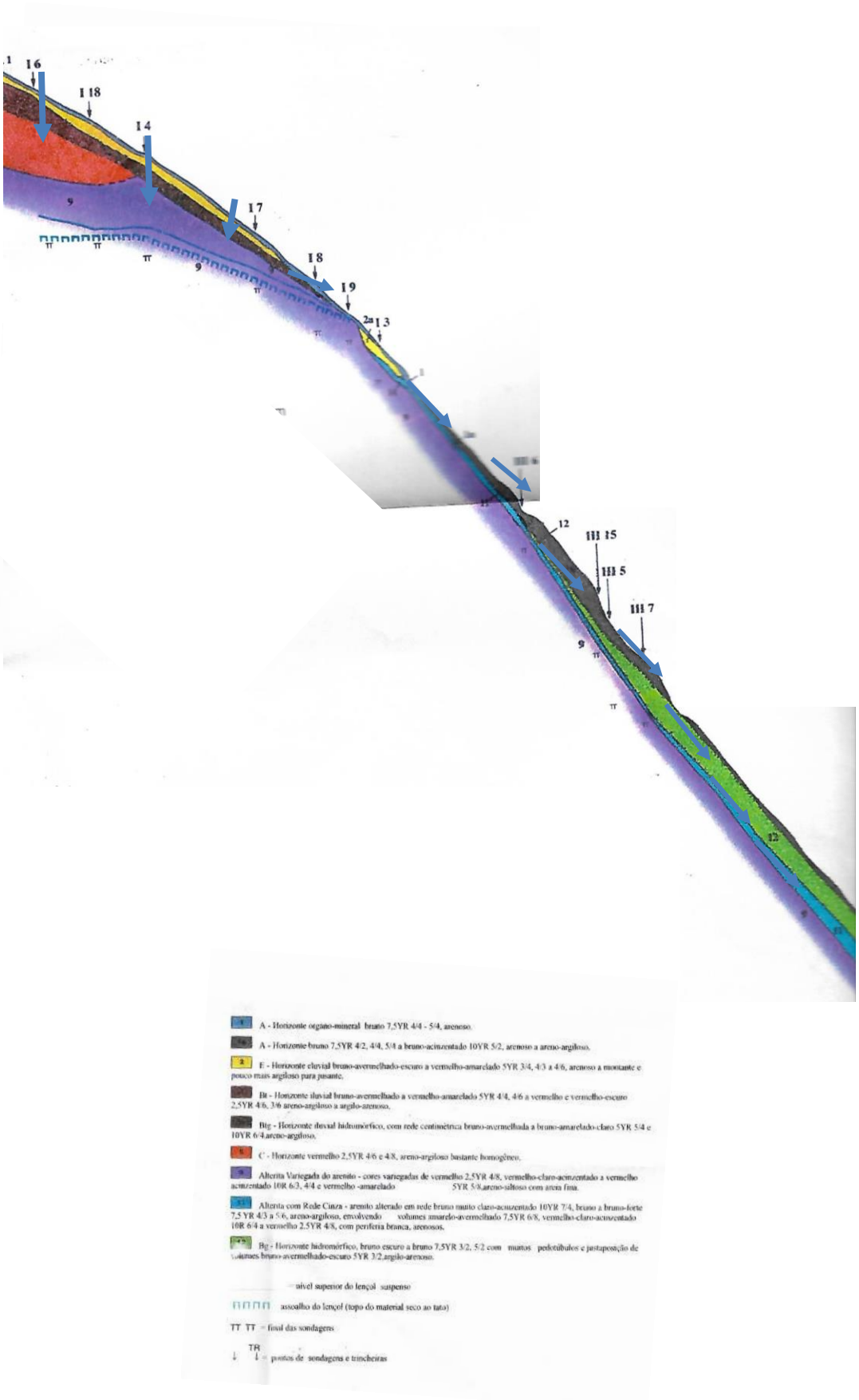


Figura 7: Rotas de fluxos hídricos na topossequência Retiro II de jusante, no glacis de São Pedro
Fonte: Dias Ferreira (1997)

No que se refere às bandas onduladas, elas podem ter várias origens, como resumido e discutido por Furquim (2002) e por Santos & Castro (2006). Furquim (2002), ao estudar o sistema de transformação lateral RQ-PV da porção mais dissecada do glacis a nordeste, também as identificou nos horizontes C dos RQ, tal como Oliveira (1997). Porém, embora morfologicamente fossem parecidas, micromorfologicamente eram distintas, pois as do sul do glacis eram de fato de iluviação, mas as do nordeste do glacis se assemelhavam mais ao descrito inicialmente por Bond (1986) e Djikerman et al (1967), ou seja, material forte a moderadamente orientado, configurando, sobretudo, pontes entre os grãos, logo não seriam de iluviação. Furquim (2002) sugere que o processo de dissecação do glacis poderia estar formando e destruindo as bandas em parte sem que chegassem a formar os Bt, por inúmeras razões, seja por insuficiência de argila, seja a maior energia de dissecação nesse setor, ou ainda por causas ainda não suficientemente conhecidas, refletindo sua instabilidade nas condições quaternárias tropicais. A autora ainda constatou a presença de vários horizontes C discordantes da topografia atual da vertente no segmento superior do glacis, sugerindo alteração pouco redistributiva de matéria associada à sua litodependência nesse ambiente de intensa dissecação, portanto sem tempo e energia para uma pedogênese completa. Assim, a morfogênese seria mais intensa que a pedogênese.

Quanto aos processos erosivos lineares, Oliveira (1996) registrara 180 grandes focos no glacis, com base em fotos aéreas pancromáticas de 1962 a 1994 na escala 1:25.000. Os focos distribuíam-se em cinco áreas delimitadas em função do tipo, número e dinâmica evolutiva dos focos. O autor constatou: a) maior concentração focos de maior porte ao N e W da porção montante do glacis, de origens diferenciadas, confirmando o exposto por Coutard et al. (1978); b) maior concentração de focos no primeiro período analisado (1962-1972), seguida de diminuição, depois de reativação ou aumento a partir de 1978, quando a expansão urbana e periurbana (chácaras) se tornou mais significativa; assim, a maioria dos focos já existia em 1962, embora tenham diminuído ou se transformado até 1972, mas tenderam a se estabilizar depois, até 1994, mas associados às mudanças de uso do solo (desmatamento, abertura de estradas e conversão em pasto); c) os sulcos dominam na área dissecada, as ravinas na área a montante, mais próxima à cidade e as voçorocas concentram-se entre a cidade e o sopé da Serra, a montante do glacis; d) as voçorocas associam-se à suscetibilidade maior dos solos arenosos finos (RQ), ao relevo com embaciados concavizados amplos ao redor de nascentes ou vertentes retilíneas com rampas longas, ambas desmatadas e convertidas principalmente em pastagens, além de loteamentos da expansão

urbana; e) as ravinas e sulcos dominam nas demais áreas e associam-se às vertentes convexas, menores e marcadas pela presença de sistema de transformação lateral RQ-PV-RL da área de transição do glacis para a área dissecada, a partir de onde desaparecem em meio ao domínio dos Latossolos em declives menores, estes respondendo muito mais à dinâmica do rio Piracicaba do que à dissecação do glacis.

Quanto aos riscos erosivos lineares, Capellari (1996), aplicando a metodologia ZERMOS (HUMBERT, 1977), modificada por Nóbrega et al., (1992) e inclusão de compartimentação morfopedológica baseada na relação morfogênese x pedogênese (TRICART & KILLIAN, 1972), bem como a identificação dos prováveis sistemas pedológicos (adaptado de RUELLAN; DOSSO, 1993) levaram à delimitação de seis classes de Zonas de Risco à Erosão linear: 1. Zona de instabilidade declarada – terrenos afetados pela ocorrência importante de focos erosivos; 2. Zona de instabilidade iminente - áreas situadas na periferia das voçorocas ou grandes ravinas ou ainda nos setores de alargamento dos eixos de erosão instalada; 3. Zona de instabilidade potencial – setores ainda não afetados pela erosão, embora sejam suscetíveis; 4. Zona de instabilidade fraca – situada na periferia das zonas de instabilidade potencial ou nos terços médios das vertentes com declives entre 12 e 20% e solos muito arenosos que favorecem concentração de linhas de fluxos; 5. Zona estável pela cobertura vegetal –estáveis graças à cobertura vegetal densa; 6. Zona estável – no topo das colinas convexas com fracos declives (0-12%) cm solos bem drenados e bem manejados.

O mesmo autor concluiu que as zonas mais instáveis ou de estabilidade fraca se situam no entorno das bordas do glacis, sobretudo nas pequenas cabeceiras de drenagem, onde os focos se instalam em prolongamento dos seus eixos, favorecidas por um manejo inadequado (ruas, estradas e caminhos mal localizados, desmatamento e conversão em pastagens e em loteamentos urbanos), sobre sistemas pedológicos com forte diferenciação lateral e frágeis, o que estaria intensificando a dissecação natural do glacis. Além disso, acrescentou que as zonas mais estáveis se encontram no topo de encostas suaves com sistemas pedológicos homogêneos ou pouco diferenciados lateralmente, além de uso e manejo que destrói os focos (sulcos) ou onde a vegetação natural está bem preservada. Boulet, Chauvel e Lucas (1984) haviam denominado os sistemas de topo similares como de transformação vertical e os das vertentes como de transformação lateral, em zonas tropicais, como retomado por Queiroz Neto (2011)

Em síntese, à maior energia de dissecação tem correspondência com a concentração de focos erosivos e de maior dimensão, que se instalaram predominantemente quando foi desequilibrado

pelo uso e ocupação da área, iniciado pelo desmatamento e conversão em pastagem, traduzindo-se e áreas de elevado risco ao uso e ocupação.

CONCLUSÕES DO PROGRAMA SÃO PEDRO

O PSPPE priorizou e capacitou novos pesquisadores nas pesquisas sobre as relações pedogênese x morfogênese Pós-Terciárias, a partir de uma releitura da Carta Geomorfológica de São Pedro. Nesse sentido, os compartimentos geomorfológicos da Serra de São Pedro e Itaqueri e o glacis de São Pedro representaram boas escolhas para aplicação dos estudos em topossequência de solos e suas aplicações.

Na Serra de São Pedro/Itaqueri, o motor dos processos teve influência não desprezível de movimentos tectônicos recentes que promoveram inversão de relevo e que a Formação Itaqueri, na verdade, é constituída por duas formações distintas em termos de ambientes de deposição, ainda que, ambas, correspondam a leques aluviais, a primeira silicificada e contendo Argissolo; e a segunda não, mas ambas recobertas por perfis de solo lateríticos espessos, tipicamente tropicais. Constatou-se forte litodependência dos materiais de origem dos solos, silicificados e lateríticos, sem transformações pedológicas laterais significativas.

No glacis de São Pedro, não teria havido influência tectônica relevante como na Serra, fato ainda não explicado, entretanto, o processo morfopedológico evolutivo seria mesmo erosivo, corroborando a interpretação da Carta Geomorfológica de São Pedro. Contudo, sua releitura aponta uma nova interpretação, a de que o processo de transformação pedológica lateral que bordeja o glacis, em diferentes estágios evolutivos, fortemente marcados por perda interna de material, revelada por abatimentos e subsidências, favorecem processos erosivos lineares e o preparam para a dissecação. O motor dessas transformações é a circulação hídrica progressivamente intensificada pela umidificação do clima tropical e o rebaixamento progressivo do nível de base regional durante o Quaternário, corroborando vários autores que têm afirmado reajustes hidráulicos progressivos dos interflúvios e vertentes para os eventos Pós-Cretácicos no estado de São Paulo. Assim, trata-se mesmo de um pedimento esculpido originalmente em condições semiáridas pretéritas, que está sendo modificado pelas condições ambientais progressivamente mais úmidas no Quaternário, tanto vertical, originado sistemas de transformação pedológica lateral, nas porções em franco processo de dissecação do glacis, ora

resistindo e redistribuindo matéria, formando Bt por iluviação vertical e lateral a partir de iluviação de argilas dos RQ de montante, e evidenciado pela presença de numerosas bandas onduladas com cutãs de iluviação constatados nas lâminas delgadas, ora pelo desmantelamento dos RQ, sem que conseguissem mesmo formar os Bt dos PV, e mostrando ainda litodependência pela discordância dos horizontes C com a topografia atual das vertentes, no setor mais dissecado do glacis.

Essas respostas pedogenéticas poderiam ser interpretadas como próprias de uma frente de transformação argiluvial concordante com o *front* de dissecação do glacis e que, ao mesmo tempo, o instabiliza e o prepara para ser desmantelado. Se o teor de argila e ferro desses materiais fosse maior, talvez isso não acontecesse, a exemplo de outros sistemas de transformação lateral que também apresentam bandas onduladas em relevos também de dissecação erosiva, desenvolvidos sobre arenitos com mais cimento argiloso, como descrito por Santos & Castro (2006). Pode-se deduzir que houve e ainda há um recuo generalizado das vertentes nas bordas do glacis, mais ativo nas zonas constantemente rejuvenescidas, como nas cabeceiras de drenagem e nos setores de vertente com maior declividade, favorecido pelo substrato e solos, ambos rasos.

É importante ressaltar que tais resultados só puderam ser feitos graças ao estudo de solos em topossequências e ao levantamento geológico-estrutural. Ao valorizar a análise detalhada da organização lateral dos solos ao longo dos interflúvios e suas vertentes, permitiram demonstrar a participação dos processos superficiais na diferenciação lateral dos solos e perceber o papel e a importância dos processos pedogenéticos na própria evolução do relevo.

Outro aspecto que vale a pena considerar é que os resultados da pesquisa morfopedológica foram imprescindíveis para melhor avaliar o surgimento, a suscetibilidade e o risco atual dos processos erosivos lineares que caracterizam, sobretudo nas bordas do glacis, a montante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao *Prof. Dr. R. Boulet* (IRD – França) *in memoriam* pela coordenação científica do levantamento das topossequências no glacis d S. Pedro. À *Profa. Dra. L.Coltrinari* (DG-USP) por ter compartilhado as idéias orientando o mestrado de S. Furquim do setor mais dissecado do glacis de São Pedro. Aos monitores de campo *Drs.(as) H. Felizola* (Embrapa Meio Ambiente)*, A. M. dos S. Oliveira* (IPT-SP), *F. X. de T. Salomão*(IPT-SP), *F.o S. B. Ladeira* (UNICAMP)*, L.B. Piló; S.M.Furian* (DG-USP) *e L. Barbiero* (IRD- França), pela coordenação dos grupos de

levantamentos das diversas topossequências em campo. Aos Convênios *CAPES x COFECUB* pelo apoio em missões de trabalho e estudo franco-brasileiras. *À FAPESP* pelas várias bolsas de estudos de Iniciação Científica e Mestrado, além de apoio financeiro para a realização do Seminário Franco-Brasileiro da equipe em 1995. À Capes e ao CNPq pelas bolsas de estudo de mestrado e doutorado. A todos os estudantes de pós-graduação e colaboradores que participaram dos trabalhos de campo, cujos dados permitiram chegar às conclusões aqui apresentadas.

Referências bibliográficas

ALARSA, C. Estudo das relações entre a morfologia de vertentes e os sistemas pedológicos do interflúvio Ribeirão Samambaia-Araquá em São Pedro, SP. 1993. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Graduação em Geografia - Universidade de São Paulo, São Paulo.

ALARSA, C.; CASTRO, S. S.; DIAS FERREIRA, R. P. Compartimentação morfopedológica como procedimento preparatório para o estudo em topossequência - o exemplo de Águas de São Pedro (SP). In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995. Viçosa, 1995, v. 3, p. 1509-1511.

BOND, W.J. Illuvial band formation in a laboratory column of sand. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 1986. v. 50, p. 265-267.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1988, Campinas. Anais. A responsabilidade social da ciência do solo. Campinas: Sociedade brasileira se ciência do solo, 1988. p. 79-90.

BOULET, R.; CHAVEL, A.; LUCAS, Y. Systèmes de transformation en Pédologie. AFES :Livre Jubilaire du cinquentenaire. 1984. p. 167-179.

BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. New York. Wiley. 1976. 470p.

BUZATO, E. Estudo de morrote com couraça ferruginosa na Serra de São Pedro - SP. In: SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DA COOPERAÇÃO FRANCO-BRASILEIRA SOBRE A ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA, 1995, São Pedro. Morfologia dos Sistemas Pedológicos Tropicais: relações entre seus funcionamentos hídricos e fertilidade. São Paulo : USP, 1995. v. 1.

BUZATO, E. Estudo de morrote com couraça ferruginosa na Serra de São Pedro-SP. In: IX SEMINÁRIO, 1994, Sorocaba - SP. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica: aplicação ao estudo interdisciplinar do ambiente tropical brasileiro. Campinas, SP: FEAGRI-UNICAMP, 1994. v. 1.

BUZATO, E. Distribuição atual e tipos de ferricretes nas Serras de São Pedro e Itaqueri (SP) e sua relação como relevo. 2000. Dissertação de Mestrado (Geografia Física) – Departamento de Geografia/Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.

BUZATO, E.; CASTRO, S.S. Ferricretes: morfologias e relação com o relevo nas Serras de Itaqueri e São Pedro - SP. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2000, Campinas - SP. Geomorfologia 2000: o Relevo, a Água e o Homem. Campinas: FAEP/UNICAMP, 2000. v. 1. p. 180-180.

CAPELLARI, B. Cartografia de risco à erosão em São Pedro, SP. 1996. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) - Universidade de São Paulo, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. São Paulo.1996.

CAPELLARI, B.; CASTRO, S. S. "Cartografia de Risco à Erosão em São Pedro, S.P." Lab.de Pedologia, Departamento de Geografia, USP. CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO /SUELO, 1996. Res. Exp., Poster, Águas de Lyndóia, SP, Brasil, 1996.

CAPELLARI, B.; CASTRO, S. S.; DIAS FERREIRA, R. P. Méthodologie pour le diagnostique morphopédologique visant l´identification des zones de risque à l´érosion à São Pedro, São Paulo, Brésil. In: Anais do 16º CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA DO SOLO, 1998, Montpellier - França, 1998.

CAPELLARI, B.; CASTRO, S. S. Áreas de risco à erosão em São Pedro, SP. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO (SOLO/SUELO), 1996. Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD, v. único.

CAPELLARI, B.; CASTRO, S.S.; MELERO, M. G.; FERNANDES, E. Analyse Pedro, São Paulo, Brésil. . In: SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, 2005, Zaragoza. Sixth International Conference on Geomorphology - Abstracts Resume. Zaragoza, España: The Spanish Society of Geomorphology/ University of Zaragoza, 2005. p. 380-380.

CASTRO, S.S.; GUIMARÃES, M.F.; RUELLAN, A. (Org.) Seminário de Avaliação e Programação da Cooperação Franco-Brasileira sobre Análise Estrutural da Cobertura Pedológica – Morfologia dos Sistemas Pedológicos Tropicais: relações com seus funcionamentos hídricos e Fertilidades, Anais. 5 a 19 de Fevereiro de 1995.

COMISSÃO DE SOLOS – Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Ministério da Agricultura. Bol. SNPA 1960, nº12, 684p.

COUTARD, J. P.; FERREIRA, R. D. D.; PELLERIN, J.; QUEIROZ NETO, J. P. Carta Geomorfológica de São Pedro, SP: Memorial Explicativo. Série SEDIMENTOLOGIA E PEDOLOGIA, IGEOG/USP. São Paulo, 1978, n. 12, p. 0-33.

COUTARD, J.P.; DIAS FERREIRA, R.P.; PELLERIN, J.; QUEIROZ NETO, J.P. Excursão à Região da Serra de São Pedro e Vale do Rio Piracicaba. Guia de Excursões. Volume II COLÓQUIO INTERDISCIPLINAR FRANCO-BRASILEIRO: "ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM REGIÕES TROPICAIS". São Paulo, 1978, p. 45-74.

COUTARD, J P; DIAS FERREIRA, R. P.; PELLEGRIN, J; QUEIRÓZ NETO, J.P. de. Etude Preliminaire du Quaternaire de la région de São Pedro, SP. An. Academia Brasileir de Ciências, v. 47, Suplemento, 1975. p. 317-326.

DEMATTÊ, J.L.I.; HOLOWAICHUCK, N. Solos da região de São Pedro, Estado de São Paulo. I. Propriedades granulométricas e químicas. *Rev. Bras. Ci. Solo*. 1977a. v. 1, nos 2-3, p. 92-98

DEMATTÊ, J.L.I.; HOLOWAICHUCK, N. Solos da região de São Pedro, Estado de São Paulo. II. Mineralogia. *Rev. Bras. Ci. Solo*. 1977b v. 1, nos 2-3, p. 99-103.

DIAS FERREIRA, R. P. Morfologia dos materiais de vertente e processos erosivos na bacia do Ribeirão do Retiro, São Pedro/SP. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2000, Campinas – SP: O Relevo, a Água e o Homem, 2000.

DIAS FERREIRA, R.P. Solos e Morfogênese em São Pedro, SP. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo. São Paulo. 1997.

DIJKERMAN, J.C.; CLINE, M.G.; OLSON, G.W. Properties and Genesis of Textural Subsoil Lamellae. *Soil Science*. 1967. v. 104, no. 1, p.7-16.

ESPÍNDOLA, C.R (Org.) IX Seminário de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, 1994. Anais, FEAGRI/UNICAMP, Sorocaba, 1994.

FURQUIM, S.A. Interações entre solo e modelado no Transecto Espraiado, São Pedro, SP. Dissertação (Mestrado em Geografia) Departamento de Geografia/Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.

FURQUIM, S.A. Cartografia morfopedológica do Vale Superior/Médio do Ribeirão Araquá, em São Pedro, SP. 1997. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

FURQUIM, S. A.; BUZATO, E. ; DIAS FERREIRA, R. P.; CASTRO, S.S. (2000) Cartas morfológicas como subsídios à análise do meio físico. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2000, Campinas. Geomorfologia 2000: O Relevo, a Água e o Homem. Campinas: FAEP/UNICAMP, 2000, v. 1.

FURQUIM, S. A. C.; CASTRO, S. S.; DIAS FERREIRA, R. P. Morphopedological study of the interfluve between Samambaia and Araquá rivers in São Pedro, São Paulo State, Brazil. In: *REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY*, 1999, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: International Association of Geomorphologists.

HUMBERT, M. “La Cartographie ZERMOS: modalités d’établissement des cartes des zones exposées à des risques liés aux mouvement du sol et du sous-sol”. Bulletin du B.R.G.M. (2) III, n. ½, 5-8.1977.

KAWAKUBO, F.S.; OLIVEIRA, D.; MORATO, R G. Análise da variação granulométrica ao longo de uma toposseqüência utilizando técnica geoestatística de tendência espacial. In: III SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA (SEPEGE). São Paulo, 2006.

LADEIRA, F.S.B. Paleossolos silicificados na Serra de Itaqueri-Itirapina/SP: subsídios à reconstituição paleoambiental. Tese (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002. 2 vol.

LADEIRA, F. S. B. Paleosols and Cenozoic Paleoenvironmental Reconstruction of the Serra de Itaqueri, São Paulo, Brazil. In: *1st Meeting of the Latinamerican Group of the Inqua Paleopedology Commission & Intercongress Workshop of the Inqua Project*, Anillaco, 2002.

LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M. Ferricrete terciária falhada na Serra de São Pedro (SP): indicação de movimentação neotectônica. Geociências, São Paulo, 1996, 15 (2):445- 453.

LADEIRA, F.S.B.; CASTRO, S.S.; SANTOS, M. Formação de solos plínticos a partir de brecha tectônica no município de Itirapina, SP, Brasil. 14º. CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO (CALCS). Anais, Temuco, Chile. 1999.

LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M. O uso de paleossolos e perfis de alteração para a identificação e análise de superfícies geomórficas regionais: o caso da Serra de Itaqueri (SP). Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 6, p. 3-20, 2005.

LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M. Tectonics and Cenozoic paleosols in Itaqueri´s Hill (São Paulo-Brazil): implications for the long-term geomorphological evolution. Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementband, v. 145, p. 37-62, 2006.

LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M.; CASTRO, S. S. O uso de paleossolos e perfis de alteração para a identificação de superfícies erosivas regionais: o caso da Serra de Itaqueri (SP). In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA/I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, *2004, Santa Maria, RS. Geomorfologia e Riscos Ambientais* - Anais de trabalhos completos, 2004.

NAKASATO, E. T. Caracterização Morfológica da Bacia do Ribeirão do Meio, Município de São Paulo, SP. Primeira aproximação com apoio na análise de fotografias aéreas. 1992. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.

NÓBREGA, M.T. de.; GASPARETTO, N.V.L.; NAKASHIMA, P. "Metologia para Cartografia geotécnica de Umuarama, PR"., Boletim de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, ano 10, n.1, 5-10, 1992.

OLIVEIRA, D. Estudo macro e micromorfológico de uma topossequência na bacia do Córrego do Retiro em São Pedro-SP. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Geografia Física, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, D. de. Estudo da origem dos materiais dos solos da cobertura arenosa do glacis de São Pedro, em São Pedro, SP. 1992. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Graduação em Geografia - Universidade de São Paulo, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

OLIVEIRA, M. A. de. Inventário histórico das formas de erosão linear no interflúvio entre os ribeirões do Meio e Samambaia, no glacis de São Pedro, SP. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Graduação em Geografia - Universidade de São Paulo. 1996.

OLIVEIRA, D.; CASTRO, S. S. ; DIAS FERREIRA, R. P. Contribuição ao estudo do material de origem da cobertura arenosa de São Pedro, SP. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, v. 73, n. 73, p. 149-164, 1994.

OLIVEIRA, D.; CASTRO, S. S.; DIAS FERREIRA, R. P. Morfologia de um sistema pedológico Areia Quartzosa-Podzólico Vermelho-Amarelo-Litólico do glacis de São Pedro-SP. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995, Viçosa-MG. Anais, 1995. v. III. p. 1607-1609.

OLIVEIRA, D.; CASTRO, S. S.; DIAS FERREIRA, R.P. Indicadores macro e micromorfológicos da circulação hídrica dos solos de uma topossequência em São Pedro-SP. In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 1998, FLORIANÓPOLIS. Edição Especial da Geosul - Revista do Departamento de Geociências, 1998. v. 14. p. 482-487.

OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. Levantamento pedológico semi-detalhado do estado de São Paulo: quadrículas de São Carlos e Piracicaba. Memorial descritivo, IAC, Campinas, 1984.

OLIVEIRA, M. A. de. Inventário histórico das formas de erosão linear em São Pedro, SP. 1996. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Graduação em Geografia - Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, D. de.; DIAS FERREIRA, R. P.; BOULET, R.; CASTRO, S. S. Estudo macro e micromorfológico do sistema pedológico do interflúvio dos Ribeirões do Meio e Samambaia em São Pedro - SP e suas relações com o relevo. In: IX SEMINÁRIO ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA, 1994, Sorocaba. Anais, 1994.

OLIVEIRA, D.; CASTRO, S. S.; DIAS FERREIRA, R. P. Estudo de um sistema pedológico em São Pedro-SP: subsídios para a compreensão das relações entre a pedogênese e a morfogênese. In: VIII SEMINÁRIO ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA, 1993, Belo Horizonte. Anais do VIII Seminário Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, 1993.

PINHEIRO, M. R.; MICHELON, C.R.; MANFREDINI, S. Gênese dos depósitos neocenozóicos do reverso da Serra de São Pedro e evolução da superfície das cristas médias – Sudeste do Brasil.

Revista Brasileira de Geomorfologia v. 17, nº 4 (2016) www.ugb.org.br http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i4.1007, 2016.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil. In MONIZ, A. C (Org.) A responsabilidade social da ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, p. 415-429, 1988.

QUEIROZ NETO, J. P. Geomorfologia e Pedologia. Rev. Bras. de Geomorfologia. Rio de Janeiro, ano 1 nº. 1, p. 59-67, 2000.

QUEIROZ NETO, J. P. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. R.B. de Geomorfologia,12 (3), p.15-24, 2011.

QUEIROZ NETO, J. P.; JOURNAUX, A. (Coord.) Carta Geomorfológica de São Pedro, escala 1:50.000, Instituto de Geografia USP, Série Sedimentologia e Pedologia, 12, São Paulo, 1978.

QUEIROZ NETO, J. P.; JOURNAUX, A. (Org.) Estudo e cartografia de Formações Superficiais de s e suas aplicações em regiões tropicais. Colóquio Interdisciplinar Franco-Brasileiro, Anais, 27 de agosto a 8 de setembro, 1978.

REZENDE, F., A.T.; DIAS FERREIRA, R.P.; CASTRO, S.S.; FURIAN, S. Estudo Micromorfológico de um Terraço do Rio Piracicaba/SP**.** In SINAGEO,7, Anais em CD-ROM, UFMG. Belo Horizonte, 2008.

RUELLAN, A. ; DOSSO, M. Regards sur le sol. Universités Francophones. Les Éditions Foucher, Paris. 1993.

SANTOS, L.J.C.; CASTRO, S.S. Lamelas (bandas onduladas) em Argissolo Vermelho- Amarelo como indicadores da evolução do relevo: o caso das colinas médias do platô de Bauru (SP). Rev. Bras. de Geomorfologia, Ano 7, nº 1, 2006, p: 43-64.

SANTOS, M.; LADEIRA, F. S. B. Tectonismo em perfis de alteração da Serra de Itaqueri (SP): análise através de indicadores cinemáticos de falhas. In: 7 SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL/1 SIMPÓSIO DO TERCIÁRIO DO BRASIL, 2006, SERRA NEGRA. *Boletim do 7º. Simpósio do Cretáceo do Brasil/ 1º. Simpósio do Terciário do Brasil*. Rio Claro: José Alexandre J. Perinotto. 2006, p. 115-115.

TARDY, Y. Petrologie des Laterites et des Sols Tropicaux.Paris, France: Masson, 1993, 461 p.

THOMAS, M. F. Geomorphology in the Tropics. John Wiley and Sons. Chichester, England, 1994, 460 p.

TRICART ,J. ; KILLIAN, J. L'eco-géographie et l'aménagement du milieu naturel, Paris, François Maspero, 1972, 326 p.