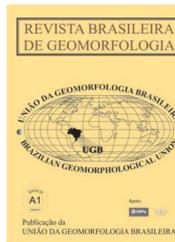


www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 17, nº 4 (2016)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i4.1007>



# GÊNESE DOS DEPÓSITOS NEOCENOZÓICOS DO REVERSO DA SERRA DE SÃO PEDRO E EVOLUÇÃO DA SUPERFÍCIE DAS CRISTAS MÉDIAS – SUDESTE DO BRASIL

## ORIGIN OF THE UPPER CENOZOIC DEPOSITS OF THE BACKSLOPE OF THE SÃO PEDRO RIDGE AND CRISTAS MÉDIAS SURFACE DEVELOPMENT - SOUTHEASTERN BRAZIL

**Marcos Roberto Pinheiro**

*Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo  
Avenida Prof. Lineu Prestes, 338, São Paulo, São Paulo. CEP: 05508-080. Brasil  
Email: m3279574@usp.br*

**Cristiane Regina Michelin**

*Campus Camboriú, Instituto Federal Catarinense  
Rua Joaquim Garcia, s/n, Camboriú, Santa Catarina. CEP: 88340-055. Brasil  
Email: cristianemichelon@yahoo.com.br*

**Sidneide Manfredini**

*Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo  
Avenida Prof. Lineu Prestes, 338, São Paulo, São Paulo. CEP: 05508-080. Brasil  
Email: sidmanfredini@usp.br*

### Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):  
03/02/2016  
Aceito (Accepted):  
26/08/2016

### Palavras-chave:

Depósitos Neocenozóicos;  
Superfície das Cristas Médias;  
Serra de São Pedro.

### Keywords:

Upper Cenozoic Deposits;  
Cristas Médias Surface; São  
Pedro Ridge.

### Resumo:

A borda do Planalto Ocidental no Estado de São Paulo constitui um dos exemplos mais didáticos da Superfície das Cristas Médias e nela são encontrados depósitos recentes cuja idade e gênese são desconhecidas. Tendo como exemplo os depósitos do topo da Serra de São Pedro-SP, o objetivo deste trabalho foi buscar indicativos sobre a origem dos materiais, identificando a relação deles com a evolução geomorfológica da área. Foram analisadas as características macromorfológicas dos depósitos e os parâmetros granulométricos, morfoscópicos e mineralógicos das areias, além de ter sido determinada a idade absoluta (LOE) do material. Os resultados mostraram que os depósitos são constituídos principalmente por grãos inteiros subarredondados a arredondados foscos com marcas de choque, enquanto que os grãos polidos são em geral quebrados e mais frequentes nas frações arenosas mais finas e nas camadas mais superficiais ou alteradas. Considerando que as linhas de pedra apresentaram idades que coincidem com fases mais secas do Pleistoceno Superior, que os grãos apresentam elevado grau de arredondamento e são geralmente foscos com marcas de choque, e que a mineralogia dos sedimentos é compatível com a da Formação subjacente (Itaqueri), infere-se que os depósitos corresponderiam ao provável desmantelamento dessa unidade geológica. Os sedimentos teriam sido transportados e retrabalhados a curta distância em clima

seco pelo vento ou pelo escoamento difuso da água em episódios de chuva torrencial. Nesse contexto, os resultados colocam em dúvida a atual existência da Superfície das Cristas Médias na área, uma vez que os depósitos seriam correlativos da destruição dos materiais em que esta foi esculpida.

### Abstract:

The edge of the Western Plateau in the São Paulo State is a very good example of the Cristas Médias Surface, a geomorphological feature that is partially covered by Upper Cenozoic deposits whose genesis and age are still unknown. The aim of this research is therefore to determine the origin of these materials and their relation with the regional geomorphic development, using the backslope of the São Pedro Ridge as study area. The macromorphological features of the deposits and the granulometric, morphoscopic and mineralogical characteristics of the sand grains were analyzed. The absolute dating (OSL) of the sediments was also determined. The results show that the deposits are constituted mostly by whole sub-rounded to rounded sand grains with a frosted appearance and impact marks, whereas the polished grains are generally broken and more frequent in the fine sand fraction and in the most weathered or superficial layers. Considering that (a) the age of the stone lines corresponds to the driest Upper-Pleistocene phase, (b) the grains have a high level of roundness and are frosted with shock marks, and (c) the mineralogy of the deposits is compatible with the subjacent formation (Itaqueri Formation), these deposits are probably the residue of the weathering of this geological unit. They would have been carried by the wind or water sheet flow to the nearby areas under dry climate. These results do not support the current existence of the Cristas Médias Surface in the study area, since the deposits would be correlative of its destruction.

## 1. Introdução e Objetivo

A Bacia do Paraná é constituída por mais de 5.000 m de rochas sedimentares, depositadas do Paleozóico ao início do Cenozóico em ambientes diversos, derrames basálticos e intrusões de rochas básicas do Eocretáceo e intrusões alcalinas do final do Cretáceo e Terciário Inferior (MILANI, 1997). O possível último grande evento deposicional da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo, anterior à gênese da Depressão Periférica Paulista, seria a Formação Itaqueri (PINHEIRO & QUEIROZ NETO, 2014), cuja idade ainda está longe de qualquer consenso: Neo-Cretáceo: Almeida & Barbosa, 1953; Barcelos *et al.*, 1983; Fulfaro *et al.*, 1983; Paleoceno: Riccomini, 1995 e 1997; Fulfaro & Perinotto, 1996; Eoceno: Riccomini, 1995. Apesar disso, foram registrados inúmeros outros eventos posteriores de deposição mais restrita associada a eventos tectônicos, como a Formação Rio Claro (PENTEADO, 1976; MELO, 1995; MELO *et al.* 1997), e às variações paleoambientais.

Parte dos depósitos mais recentes é chamada genericamente de depósitos neoceno-zóicos. Eles são constituídos basicamente de materiais arenosos a areno-argilosos com eventuais linhas de pedra, tendo sido registrados em diversas áreas da Depressão Periférica Paulista e do Planalto Ocidental (MELO & PONÇANO, 1983), tais como na região de Pirassununga, Rio Claro e Jaguariúna (MELO *et al.*, 2001), São Pedro (COUTARD *et al.* 1978; MELO, 1995; FACINCANI, 2000; MELO *et al.*, 2001; SANTOS & LADEIRA, 2006; PINHEIRO, 2014; PI-

NHEIRO & QUEIROZ NETO, 2015; 2016), Santa Maria da Serra e Torrinha (PAULIPETRO, 1980; PINHEIRO, 2014; PINHEIRO & QUEIROZ NETO, 2015), Marília (QUEIROZ NETO & JOURNAUX, 1978), Presidente Prudente (SALLUN & SUGUIO, 2006), Mogi-Guaçu (STORANI & PEREZ FILHO, 2015), Corumbataí (DIAS & PEREZ FILHO, 2015), dentre outras áreas. Esses materiais frequentemente recobrem parte de antigas superfícies aplainadas e tanto as suas idades como as origens ainda são alvo de grande controvérsia.

O topo da Serra de São Pedro-SP, que é tido como um dos registros da Superfície das Cristas Médias (DE MARTONNE, 1940), provavelmente do Cretáceo Superior ou Terciário Inferior a Médio, é uma das áreas em que ocorrem esses depósitos, o que suscita questões de como esses materiais coluvionares recentes poderiam compor uma superfície de cimeira tão antiga (PINHEIRO & QUEIROZ NETO, 2015). Essas questões colocam em dúvida inclusive a existência ou a idade da superfície, uma vez que um dos clássicos paradigmas da Geomorfologia é que os materiais precedem as formas que neles são esculpidas (PINHEIRO, 2014). Nesse contexto, Santos & Ladeira (2006) mencionam que a área fonte desses depósitos seriam os perfis lateríticos derivados da alteração da Formação Itaqueri na própria Serra de São Pedro, o que sugeriria que os sedimentos teriam sofrido transporte a curta distância. Assim, propõe-se para este trabalho analisar os depósitos neoceno-zóicos da Serra de São Pedro para estabelecer a provável área fonte dos materiais, o ambiente de sedimentação e a

idade dos depósitos. Este trabalho contribuirá não apenas para entender a gênese desses materiais como também a evolução geomorfológica da área.

## 2. Contexto Geológico, Geomorfológico e Pedológico

A área objeto desta pesquisa é o reverso da Serra de São Pedro (figura 1), feição geomorfológica que constitui um dos exemplos mais notáveis do relevo de cuesta na Bacia do Paraná. Situada na transição do Planalto Ocidental para a Depressão Periférica Paulista, a Serra de São Pedro tem sua gênese relacionada à formação desta última a partir do Terciário por meio do estabelecimento da rede hidrográfica em antigas linhas estruturais (ALMEIDA, 1964; AB'SABER, 1965; 1969; PENTEADO, 1976; PINHEIRO, 2014; PINHEIRO & QUEIROZ NETO, 2014). Os traços fundamentais da serra seriam decorrência da ação conjunta do sistema fluvial, dos movimentos de massa e da variabilidade litológica, além da atividade neotectônica (PINHEIRO

& QUEIROZ NETO, 2015; 2016).

O reverso da Serra apresenta relevo de colinas suaves e morros baixos (PINHEIRO & QUEIROZ NETO, 2015) sustentados por arenitos finos a conglomeráticos de matriz argilosa e folhelhos, ambos da Formação Itaqueri (ALMEIDA & BARBOSA, 1953). Os arenitos apresentam-se muitas vezes silicificados ou ferruginizados (LADEIRA, 2001; LADEIRA & SANTOS, 2005 e 2006) e resultam em formas particulares, como a de morrotes isolados, relevos ruiformes (BUZATO, 2000) e vertentes com cornijas. Embora a idade da Formação seja incerta, a composição e o ambiente de sedimentação são bem conhecidos: há um predomínio absoluto de quartzo, mas ocorrem ainda feldspatos e, muito raramente, micas; entre os minerais pesados destacam-se magnetita, zirconita, rutilo, turmalina, cianita, titanita, granada e anatásio, predominando os quatro primeiros minerais (ALMEIDA & BARBOSA, 1953). Esses sedimentos foram depositados em ambiente de leques aluviais sob condições semiáridas (RICCOMINI, 1995).

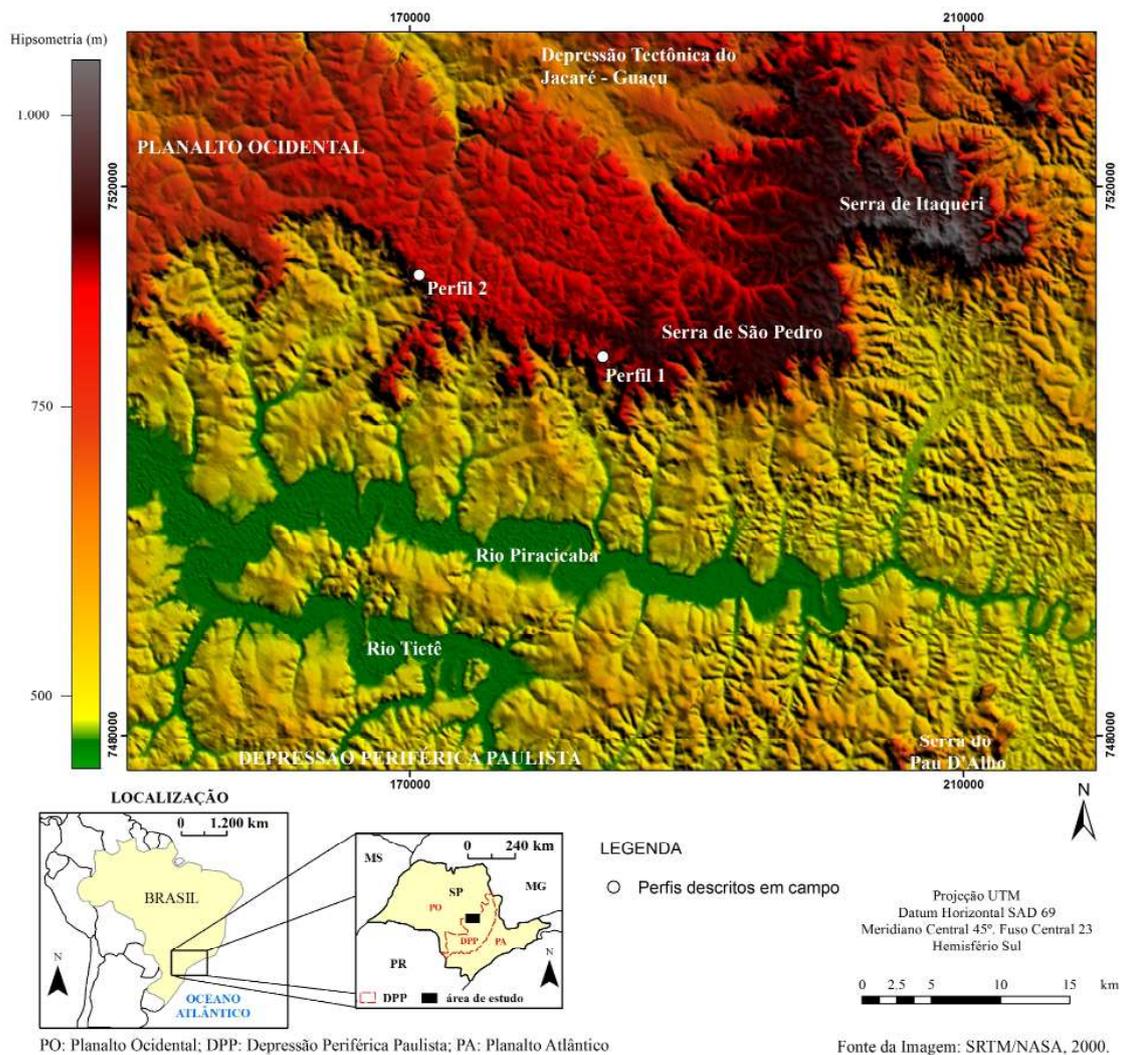


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

A Formação Itaqueri é bastante heterogênea, com fácies rudáceas na sua porção leste, tendência de aumento do percentual de areia em direção a oeste e noroeste e presença de intercalações pelíticas nos arredores do município de Torrinha. Essa Formação assenta-se sobre a Formação Botucatu e o contato entre as duas é marcado pela presença de um conglomerado basal da Formação Itaqueri (ALMEIDA & BARBOSA, 1953; LADEIRA, 2001; LADEIRA & SANTOS, 2006). Além da Formação Itaqueri, afloram no reverso os basaltos eocretáceos da Formação Serra Geral, sobretudo no leito dos rios principais, induzindo a formação de *knickpoints* devido às variações dos derrames (PINHEIRO & QUEIROZ NETO, 2015). Em contrapartida, em parte dos topos dos interflúvios afloram depósitos arenosos a areno-argilosos, eventualmente entremeados por linhas de pedra compostas de seixos de quartzo, quartzito e couraças ferruginosas (PAULIPETRO, 1980, FACINCANI, 2000; PINHEIRO, 2014), que constituem o objeto desta pesquisa.

Em relação aos aspectos estruturais da área, cabe destacar que o reverso da Serra de São Pedro apresenta indícios de atividade neotectônica, como demonstrado por Ladeira & Santos (1996), Riccomini (1995), Facincani (2000), Santos & Ladeira (2006), Pinheiro (2014) e Pinheiro & Queiroz Neto (2015). Essa atividade é testemunhada principalmente pelas falhas encontradas nas ferricretes e tem como principal característica a reativação direcional de prováveis antigos planos de cisalhamento NW-SE, NE-SW, N-S, E-W e NNW-SSE. Além das transcorrências, também teriam ocorrido falhas normais e inversas que causariam a subsidência ou ascensão de blocos, tal como foi reconhecido na Serra de Itaqueri por Riccomini (1995 e 1997) e Santos & Ladeira (2006).

Por fim, com relação à cobertura pedológica, ressalta-se que o reverso da Serra de São Pedro é recoberto principalmente por latossolos vermelho-amarelos de textura média a argilosa e neossolos litólicos (OLIVEIRA & PRADO, 1989), embora também possam ser encontrados manchas restritas de nitossolos vermelhos, argissolos vermelho-amarelos e neossolos quartzarênicos. Ladeira (2001) e Ladeira & Santos (2005) mencionam ainda a ocorrência de perfis lateríticos de paleossolos com sequência de horizontes cauliniticos e camadas endurecidas por ferro (ferricretes) ou sílica (silcretes), salientando, entretanto, que estes são mais comuns na Serra de Itaqueri.

### 3. Procedimentos Metodológicos

Partindo dos mapas morfológico e morfotectônico da região da Serra de São Pedro e do Baixo Piracicaba (PINHEIRO, 2014), ambos de escala 1:50.000, e de trabalhos de campo exploratórios, foram escolhidos dois perfis para estudo dos depósitos neocenozóicos, considerando o baixo nível de perturbação antrópica dos pontos, a presença de linhas de pedra, a possibilidade de visualização/análise tanto do depósito quanto do solo resultante da sua alteração e as boas condições de acesso aos locais. Definidos os pontos de análise, foram feitos os mapas geomorfológicos do entorno de cada perfil para compreender o contexto em que cada um deles está inserido.

Os perfis foram descritos em campo desde o horizonte superficial do solo até o depósito, observando os parâmetros recomendados por Santos *et al.* (2005). Em seguida, foram coletadas amostras de todas as camadas, submetendo-as à análise granulométrica e morfoscópica no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (USP). Na granulometria, a separação do silte e da argila foi realizada pela técnica da pipeta, enquanto que a areia foi fracionada por peneiras, conforme proposta de Camargo *et al.* (2009), enquanto que a morfoscopia das areias (areia grossa – 0,5 a 1 mm) foi feita de acordo com os pressupostos de Krumbein (1941), Schneider (1970) e Suguio (2003) por meio de lupa binocular Zeiss Axioskop com aumento de até 50x. Salienta-se que a análise e a classificação da textura superficial dos grãos em polidos ou foscos não foram realizadas para os minerais opacos e concreções, uma vez que as características do instrumento ótico mencionado não possibilitam uma análise segura desse parâmetro nesses grãos. Por fim, foi realizada a datação dos sedimentos das linhas de pedra utilizando a luminescência oticamente estimulada (LOE) para determinar a idade absoluta da sedimentação. As datações foram feitas na empresa Datação, Comércio e Prestação de Serviços Ltda. (São Paulo-SP).

Esses resultados foram analisados em conjunto para verificar se havia (a) relação genética entre o solo analisado e o depósito abaixo dele, (b) correspondência mineralógica entre o solo/depósito investigados e a Formação Itaqueri, (c) indicativos morfoscópicos do provável ambiente de sedimentação e (d) se este seria compatível com as condições ambientais do período

determinado da deposição. Esses dados possibilitaram inferir a provável área fonte dos sedimentos, sua idade e o ambiente de sedimentação.

#### 4 - Resultados e Discussões

##### Perfil 1

O perfil 1 situa-se na região central do topo da Serra de São Pedro, próximo à ruptura da escarpa, na meia encosta de um interflúvio colinoso formado sobre a Formação Itaqueri, sendo recoberto parcialmente pelos depósitos estudados (figura 2A). Geralmente, os depósitos se estendem desde o topo do interflúvio até o terço inferior das vertentes, quando os materiais parecem corresponder à alteração direta da Formação Itaqueri e até do próprio basalto da Formação Serra Geral, que aflora nas drenagens principais.

Os depósitos se apresentam bastante alterados,

desenvolvendo-se sobre eles uma expressiva cobertura pedológica. No perfil 1 (tabela 1), a alteração dos depósitos resultou na formação de um argissolo vermelho-amarelo (figura 3) que, embora não tenha gradiente textural abrupto entre os horizontes Bt e o superior, apresenta nítido incremento da fração coloidal em profundidade e cerosidade comum no horizonte Bt1, sugerindo processo de iluviação. Abaixo do horizonte B textural encontra-se uma linha de pedra com 25 cm de espessura que é constituída por seixos e calhaus placoides arredondados de constituintes lateríticos, além de grânulos e seixos de quartzo e quartzito subarredondados arredondados. Essa descontinuidade marca o contato entre os materiais com pedogênese avançada e o depósito com a estrutura original mais preservada, situação que fica evidente devido à diferença de cor do material subjacente em relação aos horizontes acima, o baixo desenvolvimento da estrutura dos agregados, o incremento de silte e os indícios das estruturas sedimentares.

**Tabela 1: Descrição morfológica do perfil 1.**

Horizonte	Prof. (cm)	Cor Munsell	Textura	Estrutura			Consistência Molhada	Transição
				Forma	Tamanho	Grau		
A11	0-5	5YR 3/2	franco argiloso	blocos subangulares	pequena	fraca	ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	plana e difusa
A12	5-31	5YR 3/4	franco argilo arenoso	blocos subangulares	média	fraca	ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	plana e difusa
Bt1 <sup>1</sup>	31-65	2.5YR 4/4	argila arenosa	blocos subangulares	média a grande	fraca	plástica e pegajosa	plana e difusa
Bt2	65-96	5YR 3/4	argila	blocos subangulares	média a pequena	moderada	plástica e pegajosa	plana e difusa
Bt3	96-110	5YR 4/4	argila c/cascalho	blocos subangulares	média a pequena	fraca	plástica e pegajosa	plana e difusa
Linha de Pedra	110-135	-	-	-	-	-	-	-
C	135-179+	5YR 4/6	argila	blocos subangulares	média a pequena	fraca	ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	-

(1) O horizonte Bt1 apresenta cerosidade comum.

Essas impressões de campo são confirmadas pela análise granulométrica (tabela 2), que mostra um predomínio das frações arenosas, principalmente da areia fina, e da argila sobre o silte nos horizontes superficiais. Essa tendência se inverte em profundidade, passando a predominar a argila sobre a areia, enquanto que o silte tem um aumento discreto. A mudança ocorre progressivamente no perfil, tornando-se abrupta apenas a partir da linha de pedra. A concentração de areia nos horizontes acima desse nível de materiais grossos é muito maior quando

comparada ao percentual do depósito mais preservado, o que é surpreendente. É provável que essa concentração de areia nos horizontes acima da descontinuidade se dê por um mecanismo de acumulação relativa, em que o plasma composto por argila e sesquióxidos de ferro e alumínio é destruído nos horizontes superficiais (eluviação) e transportado para os horizontes inferiores, que naturalmente apresentarão incremento de argila iluvial, restando principalmente a areia nas camadas acima.

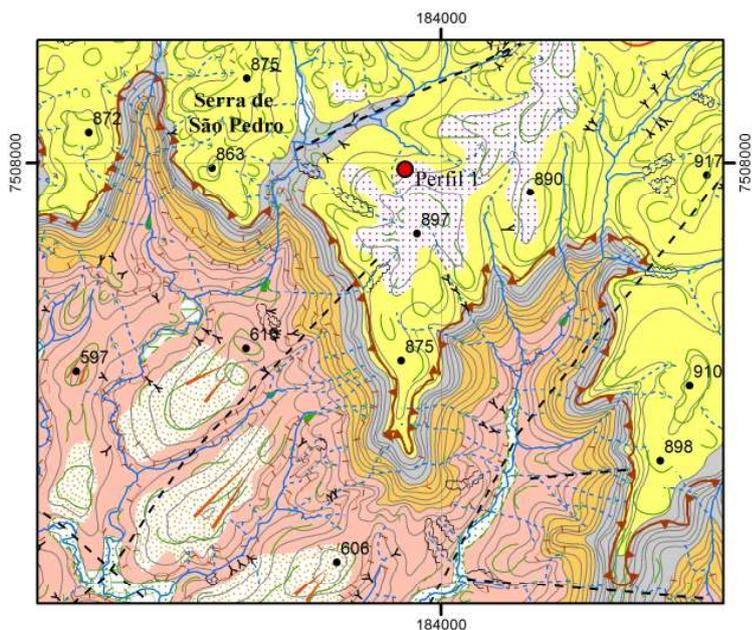


Figura 2A: Mapa geomorfológico da região do Perfil 1

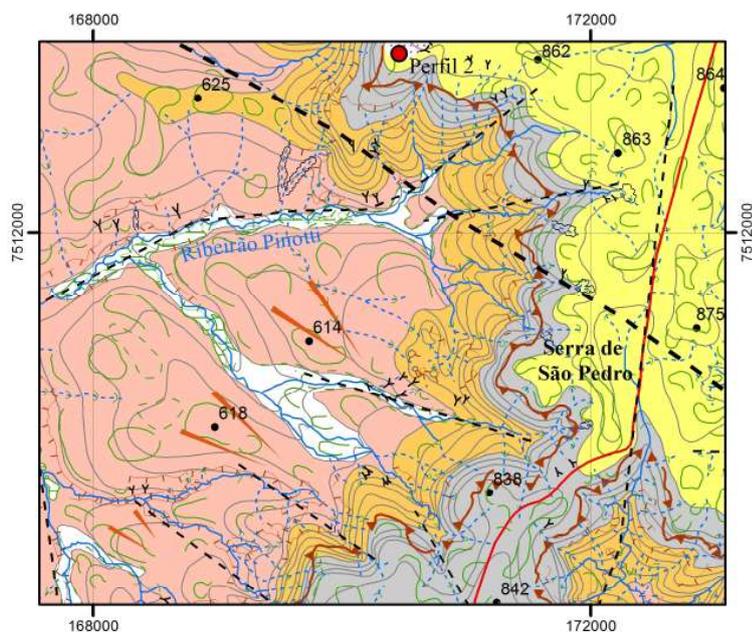
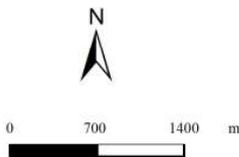


Figura 2B: Mapa geomorfológico da região do Perfil 2

PROJEÇÃO UTM  
 Datum Horizontal: SAD 69  
 Datum Vertical: Imbituba/SC  
 Meridiano Central: 45°. Zona UTM: 23.  
 Equidistância das Curvas de Nível: 20 m



Base Topográfica: Folhas Topográficas do IBGE. Escala 1:50.000.  
 Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de São Paulo, 1962, Escala 1:25.000.  
 Levantamento Geológico: ALMEIDA e BARBOSA, 1953; MEZZALIRA, 1965; CPRM, 1980a e 1980b;  
 PAULIPETRO, 1980; DNPM, 1984; PINHEIRO e QUEIROZ NETO, 2016.

**LEGENDA**

**HIDROGRAFIA**

- RIO
- RIO INTERMITENTE

**LITOLOGIA E ESTRUTURA**

**Unidades Litoestratigráficas**

**Depósitos Quaternários**

- Depósitos fluviais arenosos, areno-argilosos e com seixos.

**Formação Itaqueri**

- Arenitos finos a grosseiros, silicificados e/ou ferruginizados, folhelhos e lentes conglomeráticas de seixos de basalto, quartzo, quartzito, calcedônia, pegmatito, filito e sílex.

**Grupo São Bento: Triássico - Cretáceo**

- Formação Serra Geral (Eocretáceo): derrames de basalto e arenitos finos inter-trap.
- Formação Botucatu (Eocretáceo): Arenitos cólicos finos a médios com estruturas cruzadas de grande porte
- Formação Pirambóia (Triássico): Arenitos eólicos e fluviais finos a médios com matriz silício argilosa, estratificação cruzada de médio a grande porte e lentes silício-argilosas plano paralelas.

**Estruturas Tectônicas**

- FRATURAS PRINCIPAIS
- LINEAMENTO SANTA MARIA - CABREÚVA

**FORMAS ESTRUTURAIS**

- CORNIJA
- CRISTA
- ESCARPA DE CUESTA

**FORMAS RELACIONADAS À AÇÃO FLUVIAL**

- RUPTURA CONVEXA
- RUPTURA CÔNCAVA
- PLANÍCIE FLUVIAL
- TERRAÇO FLUVIAL
- BORDA DE TERRAÇO
- VALE EM BERÇO
- VALE EM V
- CONE DE DEJEÇÃO

**FORMAS RELACIONADAS À AÇÃO ANTRÓPICA**

- RAVINA
- VOÇOROCA

**FORMAS POLIGÊNICAS**

- GLACIS

**ESTRATIGRAFIA**

**Cobertura Coluvial do Reverso da Cuesta**

- Pleistoceno Superior: Depósitos coluviais arenosos a argilo-arenosos com linhas de pedra de quartzo, quartzito e couraças ferruginosas.

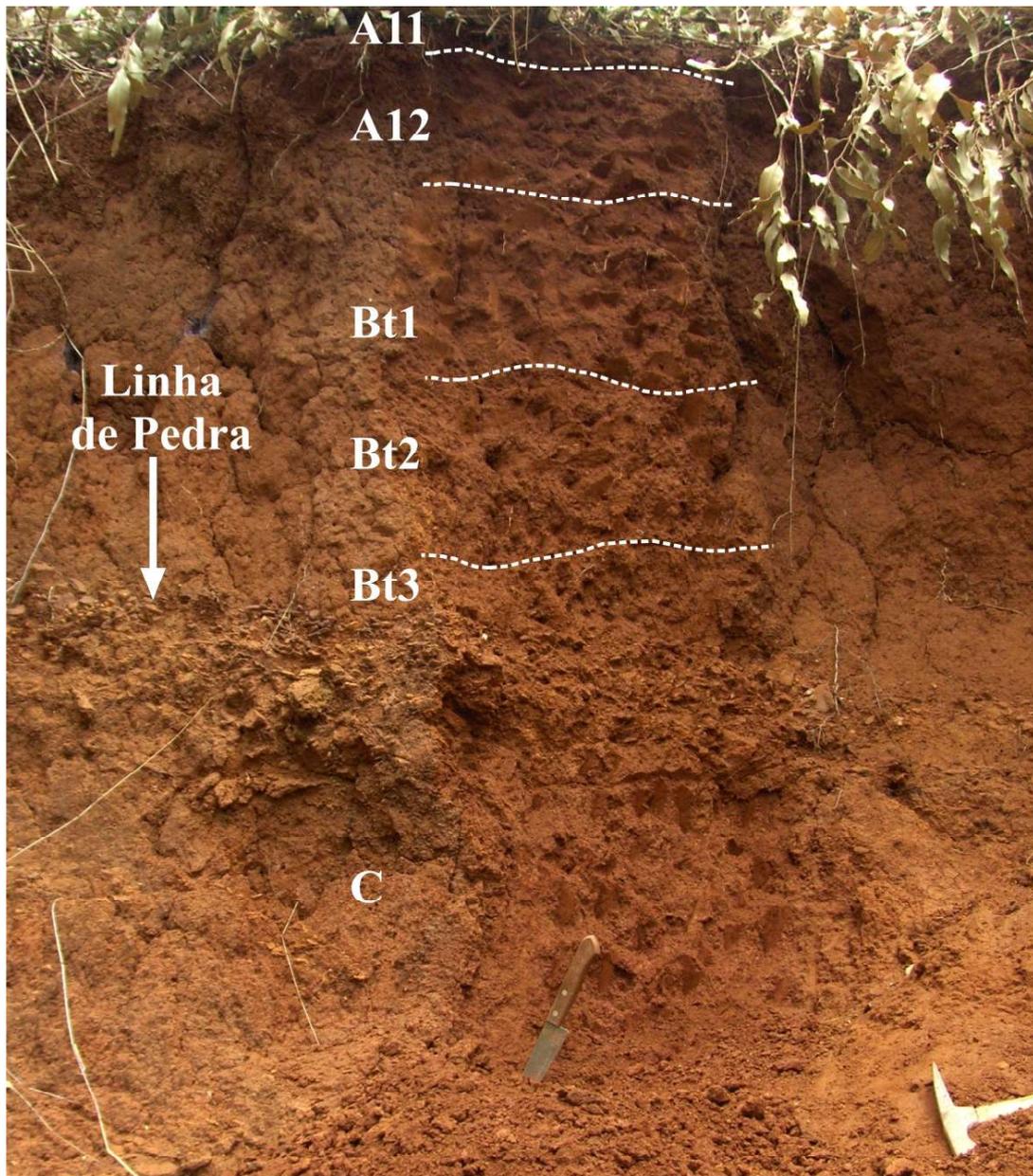
**Cobertura Coluvial do Glaci**

- Pleistoceno Superior: Depósitos coluviais arenosos com linhas de pedra de quartzo, quartzito e couraças ferruginosas.

**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**

- PONTO COTADO
- CURVA DE NÍVEL
- SISTEMA VIÁRIO
- LOCALIZAÇÃO DO PERFIL DESCRITO

Figuras 2A e 2B - Mapa geomorfológico da área estudada e entorno.



*Figura 3 - Argissolo Vermelho-Amarelo com linha de pedra de seixos e calhaus de couraças, quartzo e quartzito, desenvolvido sobre depósito neocenoico.*

Essa diferenciação textural não se refletiu de forma clara nos dados da morfoscopia (tabelas 3 e 4), pois não se verifica uma tendência clara de mudança do grau de arredondamento e das marcas de choque em função da profundidade. Os grãos são quase sempre subarredondados a arredondados, foscos e apresentam nítidas marcas de choque (figura 4a). A única característica que apresenta uma tendência clara de mudança é a textura superficial, pois o número de grãos polidos diminui com o aumento da profundidade, ou seja, quanto menos alterado é o horizonte, menor é o número de grãos polidos.

Comparativamente aos grãos foscos, os polidos apresentam faces mais irregulares, menor grau de arredondamento e eventuais faces foscas residuais ligeiramente arredondadas, o que sugere que esses grãos compuseram partículas mais grossas e foscas, mais arredondadas e que se fragmentaram em grãos menores. Quando se compara a areia grossa (figura 4a) com a areia fina, essa interpretação é ainda mais reforçada, uma vez que os grãos foscos e mais arredondados são mais raros na fração fina, predominando os grãos angulosos com faces polidas (figura 4b).

Tabela 2: Granulometria (%) do perfil 1.

Horizonte	Areia						TOTAL	Silte	Argila
	0,053 - 0,0625	0,0625 - 0,125	0,125 - 0,250	0,250 - 0,5	0,5 - 1	1 - 2		0,002 - 0,053	<0,002
A11	0,02	12,56	23,18	12,68	2,78	0,38	51,6	13,15	35,25
A12	0	12,04	24,86	14,48	3,36	0,86	55,6	10,3	34,1
Bt1	0,02	11,44	22,64	12,64	2,6	0,44	49,78	6,34	43,88
Bt2	0,04	9,18	18,72	9,84	1,92	0,68	40,38	3,62	56
Bt3	0	8,92	16,62	9,34	2,08	0,94	37,9	2,95	59,15
Linha de Pedra	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	0,04	8,84	8,24	5,28	1,86	0,36	24,62	16,63	58,75

Tabela 3: Análise morfoscópica (grau de arredondamento e textura superficial) do perfil 1.

Horizonte	Grau de Arredondamento (%)									Textura Superficial (%)				
										Lisa	Ondulada		Rugosa	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sem Marcas de Choque	Com Marcas de Choque	Sem Marcas de Choque	Com Marcas de Choque	
A11	10	10	10	10	10	32	18	0	0	2	26	52	16	4
A12	8	6	10	10	20	18	18	10	0	2	14	74	6	4
Bt1	8	10	10	10	12	30	16	4	0	0	14	72	10	4
Bt2	10	20	14	8	14	12	12	6	4	4	24	44	20	8
Bt3	6	14	4	2	10	18	36	6	4	2	14	74	8	2
C	4	10	18	22	10	20	16	0	0	0	26	36	30	8

Legenda: Graus de arredondamento: 1 e 2: angular; 3 e 4: subangular; 5 e 6: subarredondado; 7 e 8: arredondado; 9: muito arredondado.

Tabela 4: Análise morfoscópica (textura superficial) e mineralógica do perfil 1.

Horizonte	Textura Superficial (%)			Mineralogia Sumária (%)					
	Polida	Fosca	Não Analisada <sup>1</sup>	Quartzo		Magnetita		Nódulos Ferruginosos	Poliminerálicos
				NF	F	NF	F		
A11	44	44	12	0	92	0	4	4	0
A12	30	60	10	4	88	0	0	8	0
Bt1	40	52	8	0	94	0	0	0	6
Bt2	28	42	30	0	70	0	2	28	0
Bt3	24	68	8	2	90	0	2	6	0
C	10	32	58	0	44	0	0	56	0

Legenda: <sup>1</sup>: grãos opacos; F: ferruginoso; NF: Não ferruginoso.

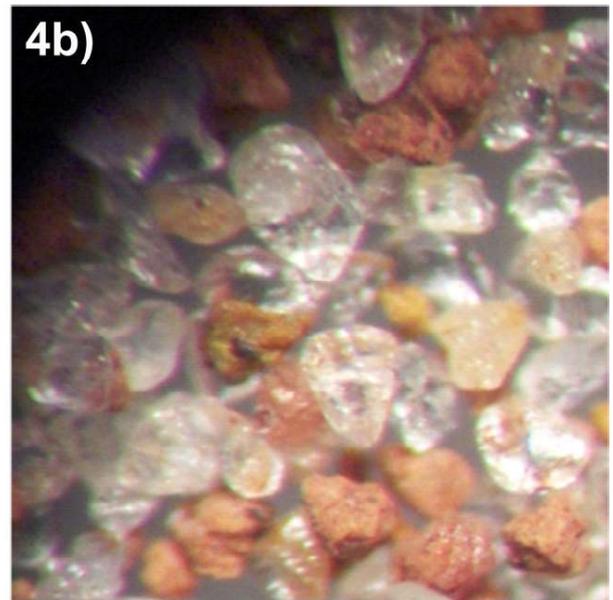


Figura 4A - Grãos de quartzo (centro da imagem) foscos, arredondados e subarredondados com marcas de choque (areia grossa).

Figura 4B - Grãos de quartzo polidos quebrados e ferruginizados, subangulares a subarredondados (areia fina). Fotos tiradas em lupa binocular com aumento de 10x e 18x, respectivamente.

Nesse contexto, levanta-se a possibilidade de que os grãos desse depósito possivelmente foram transportados pelo vento, uma vez que a superfície fosca e o elevado grau de arredondamento são características típicas desse agente de transporte. Essas características são menos nítidas no material acima da linha de pedra, mas pondera-se que a influência mais forte do intemperismo e dos processos pedogenéticos nessas camadas pode não apenas apagar ou modificar muitas dessas características como induzir a fragmentação dos grãos por ferrólise, processo similar ao verificado por Van Ranst & De Coninck (2002) em solos com elevada variação textural na França e na Bélgica. O aspecto fosco da superfície dos grãos também poderia ser decorrência da corrosão dos grãos, em acordo com o trabalho de Kuenen & Perdok (1962) e Ricci-Lucchi & Dalla Casa (1970), hipótese que é bastante plausível a julgar pelo fato de que quase todos os grãos apresentam algum

nível de ferruginização, porém, a frequente presença de marcas de choque nas areias reforça a interpretação de que, ao menos para a camada pouco alterada abaixo da linha de pedra, a textura superficial fosca ainda está mais atrelada aos processos mecânicos do transporte que aos geoquímicos.

Além disso, a linha de pedra apresentou idade absoluta (tabela 5) de 17.150 anos ( $\pm 2.700$ ) AP, período muito próximo ao do último máximo glacial, que para diversos autores (LICHTE, 1990; STEVAUX, 1993; LEDRU *et al.*, 1996; MAYLE *et al.*, 2009; ARAÚJO, 2013, entre outros) corresponderia a um período muito seco (árido ou semiárido) no sudeste brasileiro. Esse dado reforça a hipótese do transporte desse material em clima seco e suscita a possibilidade de que a linha de pedra seria um provável paleopavimento detrítico, resgatando as ideias dos estudos clássicos de Cailleux & Tricart (1959) e Christofolletti & Penteadó (1970).

Tabela 5: Datação absoluta das linhas de pedra.

Amostra	Dose Anual ( $\mu\text{Gy}/\text{ano}$ )	Dose Acumulada (Gy)	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Idade (anos)
Perfil 1	1.585 $\pm 170$	27,2	6,587 $\pm 0,237$	1,585 $\pm 0,316$	0,475 $\pm 0,069$	17.150 ( $\pm 2.700$ )
Perfil 2	1.330 $\pm 100$	16,0	5,598 $\pm 0,202$	1,508 $\pm 0,150$	0,317 $\pm 0,046$	12.000 ( $\pm 1.500$ )

Por fim, destaca-se que na mineralogia da fração arenosa do depósito pouco alterado (horizonte C) há um predomínio absoluto de nódulos ferruginosos, que passam a ser muito raros acima da linha de pedra, onde também há muitos materiais lateríticos. O quartzo é o mineral mais frequente em todos os outros horizontes, ainda que se observem alguns minerais pesados como magnetitas, turmalinas e zirconitas. Essa mineralogia é bastante compatível com a constituição da Formação Itaqueri verificada por Almeida & Barbosa (1953), o que sugere uma correlação genética entre esses depósitos recentes e a Formação subjacente.

## Perfil 2

Este perfil (figuras 2B e 5) situa-se no terço médio de uma colina na porção oeste do reverso da Serra de São Pedro, próximo à escarpa. Nesse ponto o relevo é ligeiramente mais suave do que no local do primeiro perfil, dominando colinas baixas sustentadas pela Formação Itaqueri, que nessa região apresenta fácies mais pelíticas e afloramentos de folhelhos. Genericamente, os depósitos se estendem do topo dos interflúvios até o terço médio das vertentes, sendo, entretanto, difícil de diferenciá-los dos solos de textura média formados a partir da Formação Itaqueri.

Tal como no outro ponto descrito, o depósito es-

tudado apresenta-se bastante alterado pelo avanço do intemperismo e da pedogênese sobre os materiais, dando origem a um argissolo vermelho-amarelo. Esse solo apresenta horizonte E de textura franco arenoso sobreposto a um horizonte Bt de textura argila arenosa com grânulos e seixos de quartzo. Abaixo do B textural situa-se uma linha de pedras com aproximadamente 29 cm de espessura constituída por seixos de quartzo, quartzito e materiais lateríticos conglomeráticos subarredondados a arredondados com diâmetro de até 20 cm. Essa linha marca o contato entre o depósito bastante alterado descrito (solo) e o depósito mais preservado aqui classificado como horizonte C.

As observações morfológicas descritas (tabela 6) auxiliam na compreensão dos dados granulométricos (tabela 7), que novamente mostram uma tendência de aumento do percentual de argila em profundidade a partir do horizonte Bt e uma diminuição do percentual de areia, que está concentrada nas frações fina e média. Da mesma forma que no primeiro ponto descrito, os horizontes acima da linha de pedra apresentam mais areia que o depósito pouco alterado, sobretudo quando se compara este aos horizontes Ap e E. A explicação para esse fato é a mesma já explicitada anteriormente: ocorreria uma acumulação relativa da areia devido à destruição do plasma do solo e migração da fração coloidal que se acumularia nos horizontes subjacentes.

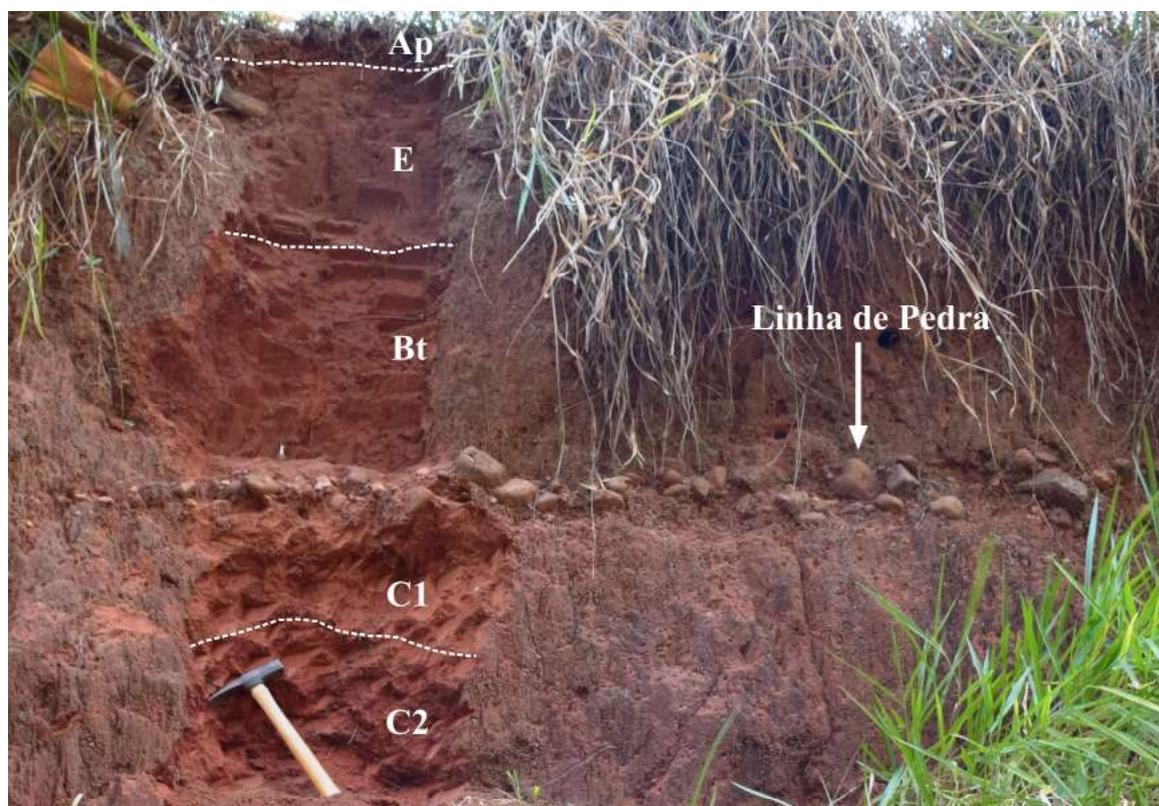


Figura 5 - Argissolo Vermelho-Amarelo com linha de pedra de seixos subarredondados a arredondados de quartzo, quartzito e couraças, desenvolvido sobre depósito neocenoico.

Tabela 6: Descrição morfológica do perfil 2.

Horizonte	Prof. (cm)	Cor Munsell	Textura	Estrutura			Consistência Molhada	Transição
				Forma	Tamanho	Grau		
Ap	0-5	5YR 3/3	franco arenoso	grumosa	pequena	fraca	não pegajosa e não plástica	plana e difusa
E	5-47	5YR 3/4	franco arenoso	blocos subangulares	média	fraca	não pegajosa e não plástica	plana e difusa
Bt	47-106	2,5YR 5/6	argila arenosa com cascalho	blocos subangulares	média a grande	moderada	pegajosa e plástica	plana e difusa
Linha de Pedra	106-135	-	-	-	-	-	-	-
C1	135-150	2,5YR 4/4	franco argilo arenoso	blocos subangulares	média a pequena	fraca	pegajosa e plástica	plana e difusa
C2	150-179+	2,5YR3/6	franco argilo arenoso	blocos subangulares	média a grande	moderada	ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica	-

A existência desses indicativos morfológicos e granulométricos de processos geoquímicos avançados no material analisado sugere cautela na interpretação dos dados da morfoscopia das areias (tabelas 8 e 9), mas as tendências observadas no perfil 1 parecem se repetir. Os grãos são em grande parte subarredondados a arredondados, foscos e com nítidas marcas de choque, com aumento do número de grãos polidos apenas nos horizontes mais intemperizados, como o E e o Bt. Na camada mais

profunda e menos alterada (horizonte C) do depósito, as areias que não apresentam textura superficial fosca (grãos polidos) geralmente são subangulares a angulares. Contudo, tal como no perfil 1, elas podem apresentar faces foscas e arredondadas residuais, reforçando a hipótese de que elas corresponderiam à fragmentação de partículas maiores (figura 6b). Esse processo seria decorrente da provável ação conjunta da fragmentação mecânica dos grãos e dos processos geoquímicos, como a ferrólise.

Tabela 7: Granulometria (%) do perfil 2.

Horizonte	Areia							TOTAL	Silte	Argila
	0,053 - 0,0625	0,0625 - 0,125	0,125 - 0,250	0,250 - 0,5	0,5 - 1	1 - 2				
Ap	0,02	19,46	36,46	20,24	4,12	0,38	80,68	3,1	16,22	
E	0,02	21,54	37,72	18,9	3,14	0,2	81,52	3,62	14,86	
Bt	0,02	15,94	26,28	15,72	3,08	0,22	61,26	3,66	35,08	
Linha de Pedra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C1	0,02	14,88	28,42	19,24	4,26	0,32	67,14	1,4	31,46	
C2	0,12	12,4	25,76	19,2	4,16	0,18	61,82	5,64	32,54	

Tabela 8: Análise morfoscópica (grau de arredondamento e textura superficial) do perfil 2.

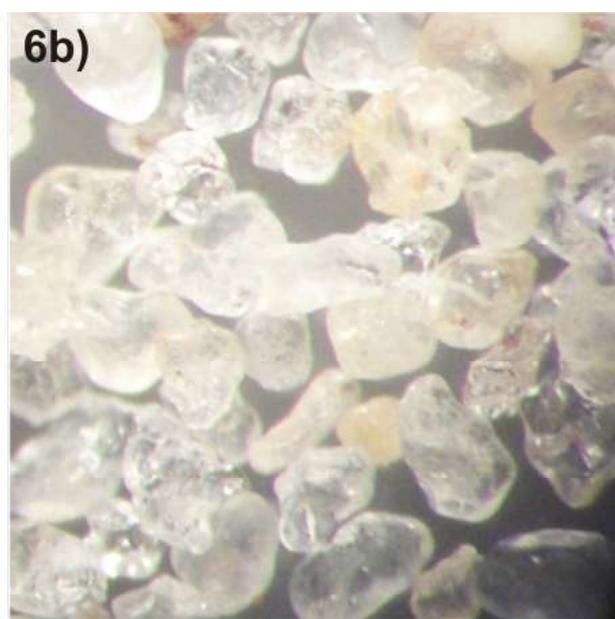
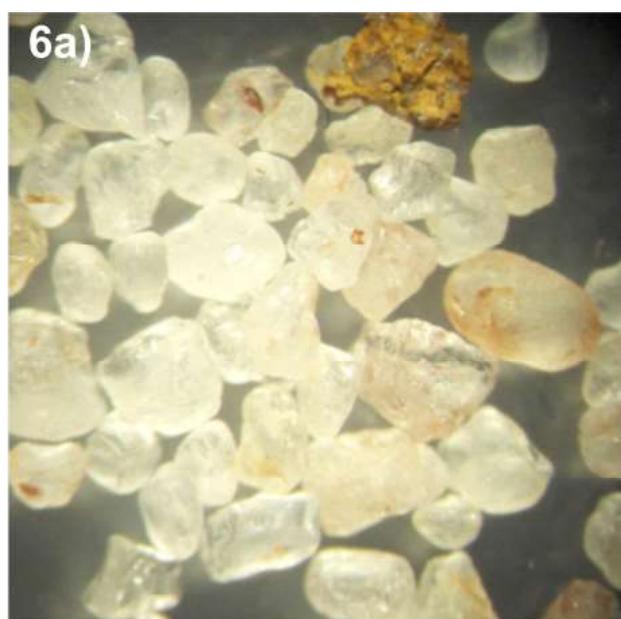
Horizonte	Grau de Arredondamento (%)									Textura Superficial (%)				
										Lisa		Ondulada		Rugosa
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sem Marcas de Choque	Com Marcas de Choque	Sem Marcas de Choque	Com Marcas de Choque	
Ap	14	6	0	4	14	22	34	6	0	0	8	74	10	8
E	10	0	4	10	14	16	32	12	2	0	10	76	8	6
Bt	6	6	12	12	4	28	16	14	2	0	2	74	14	10
C1	10	16	0	4	12	22	30	6	0	0	4	82	10	4
C2	10	4	10	6	16	20	22	10	2	0	6	82	6	6

**Legenda:** Graus de arredondamento: 1 e 2: angular; 3 e 4: subangular; 5 e 6: subarredondado; 7 e 8: arredondado; 9: muito arredondado.

Tabela 9: Análise morfooscópica (textura superficial) e mineralógica do perfil 2.

Horizonte	Textura Superficial (%)			Mineralogia Sumária (%)					
	Polida	Fosca	Não Analisada <sup>1</sup>	Quartzo		Magnetita		Nódulos Ferruginosos	Poliminerálicos
				NF	F	NF	F		
Ap	12	80	8	16	84	0	0	0	0
E	22	66	12	14	84	0	0	2	0
Bt	40	52	8	14	86	0	0	0	0
C1	14	78	8	16	82	0	0	2	0
C2	18	72	10	0	98	0	0	0	2

**Legenda:** <sup>1</sup>: grãos opacos; F: ferruginoso; NF: Não ferruginoso.



**Figura 6A:** Grãos de quartzo (centro da imagem) predominantemente foscos, subarredondados a arredondados e com marcas de choque (areia grossa). **Figura 6B:** Grãos de quartzo polidos quebrados, subangulares a subarredondados (areia fina). Fotos tiradas em lupa binocular com aumento de 10x e 18x, respectivamente.

Esse quadro sugere que o material do perfil 2 também teria sido transportado pelo vento. Porém, em acordo com as ideias de Klein (1963), sobre a relação entre ambientes de sedimentação e feições de microrrelevo, admite-se a possibilidade de que, devido ao elevado grau de arredondamento, à presença de marcas de choque e à textura superficial polida em partículas da areia fina, esses sedimentos também teriam sido remobilizados em ambiente fluvial a curta distância em fluxos de alta velocidade, o que é compatível com as chuvas e fluxos torrenciais típicos de climas secos. Assim, da mesma forma que no perfil 1, o transporte e a sedimentação desse depósito também teriam ocorri-

do num clima seco (árido ou semiárido) porque, além dos indicativos morfooscópicos apontarem para esse caminho, a datação da linha de pedra (tabela 4) indica a idade de 12.000 anos ( $\pm 1.500$ ) AP, época do chamado tardiglacial, que é tido com um período de clima seco no sudeste brasileiro (LICHTE, 1990; STEVAUX, 1993; LEDRU *et al.*, 1996; MAYLE *et al.*, 2009; ARAÚJO, 2013, entre outros). Nesse contexto, a linha de pedra seria o testemunho de um antigo pavimento detrítico.

Com relação à mineralogia da fração arenosa (tabela 9), todas as camadas apresentam predomínio absoluto de quartzo na areia grossa. Os minerais

pesados, nódulos ferruginosos e concreções de mangânês são encontrados mais frequentemente apenas nas areias fina e muito fina, o que é consequência do avanço da alteração, ocorrendo sobretudo turmalinas e magnetitas. Tal qual o outro perfil, essa mineralogia é compatível com a composição da Formação Itaqueri descrita por Almeida & Barbosa (1953), o que permite inferir que poderia haver uma relação entre os depósitos e a referida Formação. Isso inclusive ajudaria a entender as razões pelas quais há muito mais quartzo e menos fragmentos de couraças nesse segundo ponto se comparado ao ponto 1. Neste último ponto a Formação Itaqueri apresenta fácies mais arenosas e pelíticas, enquanto que na porção mais a leste da Serra de São Pedro, onde se enquadra o perfil 1, predominam fácies rudáceas (RICCOMINI, 1995) e cimentadas por ferro e sílica.

#### Gênese Provável dos Depósitos e Evolução Geomorfológica

Considerando que os dados apresentados apontam para uma correspondência mineralógica entre os materiais dos depósitos e da Formação Itaqueri e que

os grãos teriam sido transportados em climas áridos ou semiáridos do Pleistoceno Superior, coloca-se como hipótese que os depósitos neocenoicos do topo da Serra de São Pedro corresponderiam ao desmantelamento da Formação Itaqueri ou dos perfis lateríticos desenvolvidos sobre ela (figura 7), em acordo com as hipóteses de Santos & Ladeira (2006). Os materiais teriam sido transportados a curta distância pelo vento ou pelo escoamento difuso da água em eventos de precipitação de grande intensidade e curta duração. Nesse contexto, os materiais grossos seriam depositados nas posições mais proximais, enquanto que os finos seriam depositados em pontos mais distantes ou carreados pelas drenagens.

Essas condições morfodinâmicas teriam provocado o adelgaçamento da cobertura pedológica dos interflúvios devido à pouca proteção oferecida pela vegetação dos períodos mais secos. A situação se inverteria com as mudanças do clima para mais úmido, o que teria permitido o restabelecimento da vegetação de maior porte, que por sua vez ofereceria maior proteção ao solo contra a erosão e possibilitaria uma maior alteração e permanência dos materiais (figura 7).

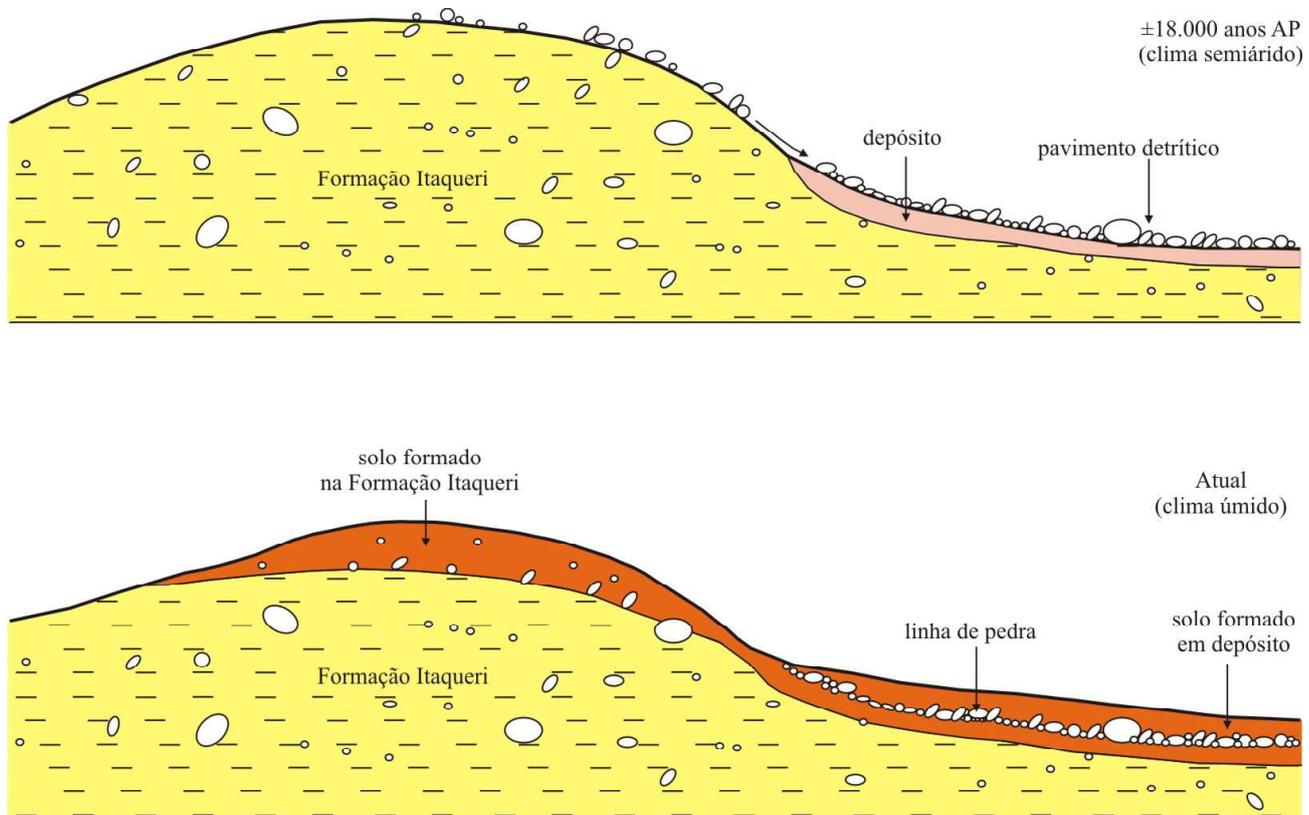


Figura 7 - Modelo evolutivo de formação dos depósitos, linhas de pedra e solos associados.

Se essas hipóteses estiverem corretas, será necessário reconsiderar a ideia de que o topo da Serra de São Pedro representa um testemunho da Superfície das Cristas Médias, uma vez que os dados aqui apresentados mostram que os materiais dessa superfície de cimeira sofreram modificações importantes num período de pouco mais de 17.000 anos. Nesse contexto, seria difícil imaginar que do final do Cretáceo ou início do Terciário, tidos como as idades prováveis da Superfície, até hoje esse nível topográfico não teria sofrido grandes mudanças que implicassem, inclusive, no seu rebaixamento por erosão mecânica e geoquímica.

Essas incompatibilidades entre a idade dos materiais e das superfícies já haviam sido levantadas por Pinheiro (2014) para outras áreas e foram retomadas em Pinheiro & Queiroz Neto (2015), que apresentaram os dados geocronológicos da cobertura arenosa que recobre o glacis situado à frente do sopé da Serra de São Pedro e que corresponderia a um trecho da Superfície Neogênica. As datações absolutas (LOE) apresentadas nesses trabalhos mostraram que essa espessa cobertura seria bastante jovem, do Pleistoceno Superior, portanto muito mais jovem que a idade atribuída à suposta superfície. Assim, a divergência aqui discutida entre a idade dos materiais e das superfícies deve se estender não apenas para o topo da Serra de São Pedro e do *glacis* situado à sua frente, como também a outros pontos tidos como referenciais das grandes superfícies geomórficas do Brasil oriental.

Por fim, colocam-se algumas ressalvas no que se refere à provável filiação genética dos depósitos estudados à Formação Itaqueri. Embora a constituição mineralógica dos depósitos seja compatível com a da unidade mencionada, os minerais presentes no depósito (quartzo, turmalinas, magnetitas e zirconitas) são comuns em diversas outras unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná, como as formações do Grupo Bauru, deixando em aberto a possibilidade de elas também terem sido a área fonte dos sedimentos. O que enfraquece, entretanto, essa possibilidade é a ausência dessas unidades na Serra de São Pedro e em áreas próximas. Nesse contexto, considera-se necessário que mais estudos sejam realizados em outros pontos do reverso da Serra Geral, a fim de verificar se os dados encontrados nesses pontos sugerem as mesmas conclusões e questões aqui levantadas.

## 5. Considerações Finais

Os depósitos neocenozóicos do reverso da Serra de São Pedro apresentam grãos arenosos inteiros e predominantemente subarredondados a arredondados, enquanto que os grãos polidos são em geral quebrados e mais comuns nas frações arenosas mais finas e nas camadas mais superficiais ou alteradas. Em relação à constituição dos depósitos, predominam o quartzo e os nódulos ferruginosos, embora também tenham sido identificadas turmalinas, magnetitas e zirconitas, assembleia mineralógica compatível com a da Formação Itaqueri. Esse cenário sugere que os depósitos estudados corresponderiam ao desmantelamento da Formação Itaqueri e de seus perfis lateríticos durante os climas secos do Pleistoceno Superior e da transição para o Holoceno. Esses materiais teriam sido transportados a curta distância e atualmente estariam bastante alterados pela ação do intemperismo e da pedogênese.

São necessários mais estudos em outros pontos de ocorrência de depósitos recentes nas superfícies de cimeira da borda do Planalto Ocidental para verificar se a área fonte dos sedimentos é mesmo a Formação Itaqueri e se persistem os indicativos de que a Superfície das Cristas Médias está sendo ou teria sido destruída pela morfogênese.

## Agradecimentos

Os autores agradecem imensamente às valiosas sugestões dadas pela Profa. Dra. Rosely Pacheco Dias Ferreira e pelo Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola, além dos revisores anônimos que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. **Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do Planalto Brasileiro**. 1965. 189f. Tese de Livre-Docência, FFLCH/USP, São Paulo, 1965.
- AB'SABER, A. N. A Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica da Bacia do Paraná. **Boletim do Instituto Geografia/USP**, v. 15, p.1-15. 1969.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Geologia do Estado de São Paulo, São Paulo. **Boletim do IGG**, n. 41, p. 167-263. 1964.

- ALMEIDA, F. F. M.; BARBOSA, O. Geologia das quadriculas de Piracicaba e Rio Claro – Estado de São Paulo. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, n.143, p.1-96. 1953.
- ARAÚJO, A. G. M. Geomorfologia e paleoambientes no leste da América do Sul: implicações arqueológicas. In: RUBIN, J. C.; SILVA, R. T. da (Org.). **Gearqueologia**. 1ed. Goiania: Editora da PUC Goiás, 2013. p. 135-180.
- BARCELOS, L.H.; SOUZA FILHO, E.E.; FULFARO, V.L.; LANDIM, P.M.B.; COTTAS, L.R.; WU, F.T.; GODOY, A.M. A Formação Itaqueri: um exemplo de tectofácies. In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, 1983, São Paulo, **Atas...**, 245-252. 1983.
- BUZATO, E. **Distribuição atual e tipos de ferricretes nas serras de São Pedro e Itaqueri (SP) e sua relação com o relevo**. São Paulo, 2000. Ano de Obtenção: 2000. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo.
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. **Initiation à l'étude des sables et des galets**. Centre de Documentation Universitaire, Paris, v.1, 1959. 369 p.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo, **Boletim técnico**, 106, 2009. 77 p.
- CHRISTOFOLETTI, A.; PENTEADO, M. M. Cronologia relativa do Quaternário na Depressão Periférica Paulista. **Notícia Geomorfológica**, v. 10, n. 19, p. 35-46. 1970.
- COUTARD, J. P.; DIAS FERREIRA, R. P.; PELLERIN, J. & QUEIRÓZ NETO, J. P. Excursão à região da Serra de São Pedro e Vale do Piracicaba. In: Colóquio Interdisciplinar Franco-Brasileiro. Estudo e Cartografia de Formações Superficiais e suas Aplicações em Regiões Tropicais. **Guia de Excursões**. v.2. 1978.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Relatório de Fotointerpretação** - Bloco 46. Projeto PAULIPETRO - CONSÓRCIO CESP/IPT. 1980a.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geologia do bloco 46. **Relatório Final**. Projeto PAULIPETRO - CONSÓRCIO CESP/IPT. 1980b.
- DE MARTONNE, E. Problemes morphologiques du Bresil tropical atlantique. *Annales de Geographie*, v. 49, p. 1-27 e p. 106-129. 1940. Tradução da **Revista Brasileira de Geografia**, v.5, p. 523-550 e v.6, p. 155-178. 1943/1944.
- DIAS, R. L.; PEREZ FILHO, A. Geocronologia de terraços fluviais na bacia hidrográfica do rio Corumbataí-SP a partir de luminescência opticamente estimulada (LOE). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 16, n. 2, p. 341-349. 2015.
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Mapa Geológico - Folha Piracicaba**. Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná. Escala 1:100.000. 1984.
- FACINCANI, E. M. **Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista, cuesta basáltica e planalto interior. Regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba-SP**. 222 f. 2000. Tese (Doutorado) - IGCE/UNESP. Rio Claro/SP, 2000.
- FULFARO, V.J.; ANGELI, N.; BARCELOS, J.H. Os depósitos de cascalhos na bacia hidrográfica do Alto Paraná. In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, 1983, São Paulo, **Atas...**, 267-273. 1983.
- FULFARO, V.J.; PERINOTO, J.A.J. A Bacia Bauru: estado da arte. In: UNESP, SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO NO BRASIL, 4, 1996, Rio Claro, **Boletim**, 297-303. 1996.
- KRUMBEIN, W. C. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Research**, v. 11, n. 2; p. 64-72. 1941.
- KUENEN, PH. H.; PERDOK, W. G. Experimental abrasión 5. Frosting and defrosting of quartz grains. **Journal of Geology**, 70, 648-658. 1962.
- KLEIN, G. V. Boulder surface markings in Quaco Formation (Upper Triassic), St. Martin's, New Brunswick, Canada. **Journal of Sedimentary Petrology**. v. 33, n. 1, p. 49-52. 1963.
- LADEIRA, F.S.B. **Paleossolos silicificados na Serra de Itaqueri-Itirapina/SP: subsídios para a reconstrução paleoambiental**. 362 f. 2001. Tese (Doutorado em Geografia Física) – FFLCH/USP. São Paulo/SP, 2001.
- LADEIRA, F.S.B.; SANTOS, M. Ferricrete terciária falhada na Serra de São Pedro (SP): indicação de movimentação neotectônica. **Geociências**, v. 15, n. 2, p. 445-453, 1996.
- 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 fur Geomorphologie**, v.145, n.10, pp.37-62. 2006.
- LEDRU, M.P.; BRAGA, P. I. S.; SOUBIES, F.; FOURNIER, M.;

- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. The last 50.000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.123, p.239-257. 1996.
- LICHTE, M. Stonelines as a definite cyclic feature in southeast Brazil: a geomorphological and pedological case study. **Pedologie**, xL-1,101-109. 1990.
- MAYLE, F. E.; BURN, M. J.; POWER, M.; URREGO, D. H. Vegetation and fire at the Last Glacial Maximum in tropical South America. In: VIMEUX, F.; SYLVESTRE, F.; KHODRY, M. **Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions**. Springer, p. 89-112. 2009.
- MELO, M.S. **A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenoica na Depressão Periférica Paulista**. 144f. 1995. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 1995.
- MELO, M. S. de; COIMBRA, A. M; CUCHIERATO, G. Genesis of Quaternary colluvial eluvial sedimentary covers in southeastern Brazil. [Genèse de couvertures sédimentaires colluvio-éluviales quaternaires au sud-est du Brésil]. In: **Quaternaire** – v. 12, n. 3, p. 179-188, 2001.
- MELO, M. S.; COIMBRA, A. M.; CUCHIERATO, G. Fácies sedimentares da Formação Rio Claro, neocenoica da Depressão Periférica Paulista. **Rev. Inst. Geol.**, São Paulo, v. 18, n. 1-2, dic. 1997.
- MELO, M.S. de; PONÇANO, W.L. **Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1983. 75p. (Série Monografias, 1394).
- MEZZALIRA, S. Descrição geológica e geográfica das folhas de Piracicaba e São Carlos, SP. São Paulo, **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, 43, 2 folhas geológicas. 1965.
- MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana Sul-Occidental**. 1997. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS.
- OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo – Folha Piracicaba**. São Paulo, IA – Instituto Agrônomo / IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico. Escala 1:100.000. 1989.
- PAULIPETRO. **Geologia do bloco 46 - Folha Botucatu**. Escala 1:100.000. 1980.
- PENTEADO, M. M. Geomorfologia do setor centro-occidental da Depressão Periférica Paulista. **IGEOG/USP, SP**, Serie teses e monografias, n. 22, 1976, 86p.
- PINHEIRO, M. R. **Estudo morfotectônico da região da Serra de São Pedro e do Baixo Piracicaba/SP**. 292 f. 2014. Tese (Doutorado em Ciências), DG/FFLCH/USP, São Paulo/SP, 2014.
- PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. de. Reflexões sobre a gênese da Serra Geral e da Depressão Periférica Paulista: o exemplo da região da Serra de São Pedro e do Baixo Piracicaba, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.35, n. 1, p. 47-59, 2014.
- PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. Neotectônica e evolução do relevo da região da Serra de São Pedro e do Baixo Piracicaba / Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, p. 593-613, 2015.
- PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. Geomorphology of the São Pedro Ridge and Lower Piracicaba River Region, southeastern Brazil. **Journal of Maps**, 1-10. 2016.
- QUEIROZ NETO, J. P. de. JOURNAUX, A. (Coords.). Carta geomorfológica de São Pedro, SP. **IGEOG/USP, Sedimentologia e Pedologia**, p.12-33, 1978. Mapa na Escala 1:50.000.
- RICCI LUCCHI, F.; DALLA CASA, G. Surface textures of desert quartz grains. A new attempt to explain the origin of desert frosting. **Giorn.Geol.**, 36, 751-776. 1970.
- RICCOMINI, C. **Tectonismo Gerador e Deformador dos Depósitos Sedimentares Pós-Gondvânicos da Porção Centro-Oriental do Estado de São Paulo e Áreas Vizinhas**. 100f. 1995. Tese (Livre-Docência), IG/USP. São Paulo/SP, 1995.
- RICCOMINI, C. Considerações sobre a posição estratigráfica e tectonismo deformador da formação Itaqueri na porção centro-leste do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, 18:41-48. 1997.
- SALLUN, A.E.M & SUGUIO, K. Depósitos quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP). São Paulo: **Revista Brasileira de Geociências**, 36(3): 385-395. 2006.
- SANTOS, M. LADEIRA, F. S. B. Tectonismo em perfis de alteração na serra da Itaqueri (SP): análise através de indicadores cinemáticos de falhas. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 25, n. 1, p. 135-149, 2006.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª edição. Viçosa: Soc. Bras. Ciência do Solo. 100 p. 2005.
- SCHNEIDER, H.E. Problems of quartz grain morphoscopy.

*Sedimentology*, 14: 325-335. 1970.

STEVAUX, J. C. **O Rio Paraná: Geomorfogênese, Sedimentação e Evolução Quaternária do seu Curso Superior (região de Porto Rico-PR)**. 1993. Tese de Doutorado, IGC - USP. São Paulo-SP, 1993.

STORANI, D. L.; PEREZ FILHO, A. Novas informações sobre geocronologia em níveis de baixo terraço fluvial do Rio Mogi-

Guaçu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.16, n.2, p.191-199, 2015.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: editora Edgard Blücher Ltda, 2003. 400p.

VAN RANST, E.; DE CONINCK, F. Evaluation of ferrolysis in soil formation. **European Journal of Soil Science**, 53, 513-519. 2002.