

Características Granulométricas e Morfológicas das Areias de Solos sobre Arenitos e Basaltos em Florai/PR *Granulometric and Morphological Characteristics of the Sands of Sandstone/Basalt Transition Soils in Florai/PR*

André Mateus Barreiros¹, Déborah de Oliveira², Paulo Nakashima³, José Pereira de Queiroz Netos⁴,
Marcelo Reis Nakashima⁵, Grace Bungenstab Alves⁶, Marcos Roberto Pinheiro⁷, José Antonio de Andrade⁸

¹ Universidade de São Paulo, andrembarreiros@gmail.com

² Universidade de São Paulo, debilive@usp.br

³ Universidade Estadual de Maringá, paulonakashima41@gmail.com

⁴ Universidade de São Paulo, jpqneto@hotmail.com

⁵ Universidade de São Paulo, mrmakashima@gmail.com

⁶ Universidade Federal da Bahia, gracebalves@gmail.com

⁷ Universidade de São Paulo, m3279574@usp.br

⁸ Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, andrade_pr@hotmail.com

Recebido (Received): 29/03/2018

Aceito (Accepted): 24/07/2018

Resumo: O artigo aborda as diferenças nas formas de relevo e materiais associados (rochas, solos e depósitos) do setor noroeste do estado do Paraná, região sul do Brasil. Discute, em nível de detalhe, a geometria de uma vertente e as características granulométricas e morfológicas das areias de um solo sobre o arenito da Formação Caiuá (Grupo Bauru), em comparação com outro sobre o basalto da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), na bacia hidrográfica do Córrego Gurupá. Para tanto, foram realizados procedimentos em gabinete, campo e laboratório, ligados a metodologias e técnicas da Pedologia, Sedimentologia e Geomorfologia em uma sequência multiescalar, que subsidiaram a descrição e análise das formas e materiais. Conclui que há claras diferenças morfológicas entre grãos de areia dos dois perfis, porém na mineralogia e granulometria as distinções são sutis. O Argissolo, sobre o arenito, possui grãos de quartzo preferencialmente rugosos, polidos/foscos e arredondamento subangular/subarredondado dependendo da profundidade, enquanto o Nitossolo, oriundo dos basaltos, contém grãos rugosos, foscos e subarredondados em sua maioria. Estes resultados corroboram com a hipótese de que a Formação Caiuá possui duas fácies, uma de deposição eólica e outra flúvio-lacustre, contrariando a ideia que propõe um contexto exclusivamente eólico. Além disto, as características encontradas no volume superficial, comum aos dois solos, não possui continuidade em profundidade no Nitossolo, o que indica uma gênese alóctone deste material sobre o basalto.

Palavras Chave: Morfoscopia de Areias; Micromorfologia de Solos; Análise Estrutural da Cobertura Pedológica; Aloctonia/Autoctonia.

Abstract: This paper deals with the differences of the landforms and associated materials (rocks, soils and deposits) of the northwestern areas of the state of Paraná, Brazil. We present a detailed discussion of the geometry of a hillslope and the granulometric and morphologic characteristics of the sands of a soil formed on the sandstones of the Caiuá Formation (Bauru Group) against a soil profile evolved from the basalts of the Serra Geral Formation (São Bento Group), in the basin of the Gurupá. In order to accomplish that, a series of procedures were conducted in the office, field and laboratory, all related to techniques used in Pedology, Sedimentology and Geomorphology, in a multi-scalar approach, which allowed for the description and analysis of the landforms and materials. In conclusion, we point to the clear morphological differences between the sand grains of the different soil profiles and to the more subtle differences regarding mineralogic and granulometric characteristics. The Argisols, formed from sandstone, present quartz grains which are preferably rugged, with a vitreous/matte shine and a subangular/subrounded shape, depending on the depth, while the Nitisols, connected to the basalts presents grains of quartz which are predominantly rugged, matte and subrounded. These results corroborate with the hypothesis that suggests that the Caiuá Formation has two stages of deposition, eolic and fluvial/lacustrine, contradicting the idea of an exclusively eolic depositional environment. Besides that, the characteristics seen in the superficial volume, common to both soils, do not show a continuity in depth within the Nitisol, which indicates an allochthonous genesis of these materials on the basalt.

Keywords: Sand Morphoscopy; Soil Micromorphology; Structural Analysis of the Soil Coverage; Alloctony/Autoctony.

1. Introdução e Objetivo

Processos morfogenéticos e pedogenéticos influenciam na evolução da cobertura pedológica e do modelado de relevo. Esses últimos também são condicionados pelos materiais de origem, como é o caso no noroeste do Paraná, onde encontramos rochas ígneas e sedimentares que originam diferentes solos e formas, sob as mesmas condições climáticas, em curtas distâncias.

Nesse setor do estado, o substrato litológico regional é composto por basaltos e diabásios da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), que possui origem, composição e idade bem definidas (MINEROPAR, 2006; THIEDE e VASCONCELOS, 2010), e por arenitos relativamente conhecidos da Formação Caiuá (Grupo Bauru), a qual se atribui origem eólica, aluvial e flúvio-lacustre, dependendo do autor consultado (JABUR e SANTOS, 1984; MARQUES e ERNESTO, 2004; MILANI, 2004; MINEROPAR, 2006).

Essa diferença litológica exerce forte influência nas características de outros elementos naturais e sociais do noroeste do estado, o que criou uma compartimentação facilmente visualizada no quadro paisagístico regional. De uma litologia para a outra, alteram-se o mesoclima, formas de relevo, tipos de solos, formações vegetais e uso da terra, como indicam Maack (1968), Nakashima (1999), Andrade (2005), Manosso (2006), EMBRAPA e IAPAR (2008), Zaparoli (2009) e Zaparoli e Gaspareto (2010).

É sobre a questão da indefinição do paleoambiente deposicional e características internas do arenito, e sua distinção para os materiais magmáticos, que buscamos colaborar com algumas informações neste trabalho. Em nossa discussão daremos foco na análise da fração grossa dos solos, pois essa é mais resistente às intempéries e pode guardar registros dos processos pedogenéticos e morfogenéticos aos quais foi submetida ao longo do tempo (QUEIROZ NETO, 1963; SUGUIO, 2003). Além disso, algumas pesquisas feitas na região, e em locais análogos na Bacia Sedimentar do Paraná, já demonstraram a importância da análise desta fração para a compreensão da filiação genética entre os materiais de superfície e subsuperfície e a evolução do modelado de relevo (BARREIROS, 2013; NAKASHIMA, 2013; PINHEIRO *et al.*, 2016; ALVES *et al.*, 2017; ZAPAROLI e GASPARETO, 2017).

Neste contexto, o objetivo deste artigo é discutir as diferenças granulométricas e morfológicas da fração areia em dois perfis de solos na mesma litotoposequência, um sobre o arenito outro sobre basalto, na bacia hidrográfica do córrego Gurupá, município de Florai/PR (**Figura 1**).

1.1 Características regionais das áreas de estudos

O clima é Subtropical Mesotérmico (Cfa), com precipitação média anual na casa de 1500 mm e sem estação seca definida (ANDRADE, 2005), características que inserem a área na zona de alteração ferralítica, marcada pela intensa exportação de bases e sílica dentro dos solos (AFES, 2008).

Do ponto de vista geomorfológico, o município está inserido na grande unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, especificamente sobre o compartimento morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense (MINEROPAR e UFPR, 2006). Nos setores norte e nordeste de Florai dominam os arenitos da Formação Caiuá, associados a relevos de média dissecação onde a amplitude altimétrica não ultrapassa 400 m e as declividades estão entre 12 e 30%, com setores restritos acima de 30%; o modelado corresponde a topos planos e alongados, que passam a vertentes convexas que terminam em uma concavidade na base, dando lugar a vales com fundo plano entulhados de aluviões atuais – outra possibilidade são as vertentes que terminam com aparecimento de basalto na base, que são convexas até próximo ao rio, que corre sobre a rocha, em um vale encaixado em formato de “V”.

Ao Sul, já no setor de transição litológica, ocorre um modelado similar ao relatado para a área de arenito, porém surge na paisagem uma ruptura convexa muito visível ao longo das vertentes, que corresponde à transição entre o arenito, localizado nas partes mais altas do relevo, e o basalto – que aparece no trecho final da vertente junto ao fundo de vale.

Os setores sul e sudoeste são dominados pelos basaltos da Formação Serra Geral, com pequenas manchas onde ocorrem depósitos quaternários. A área apresenta baixa dissecação e a amplitude altimétrica também não ultrapassa 400 m, com declividades inferiores a 6%; no modelado observamos topos planos que passam a vertentes retilíneas ou convexas, terminando em uma concavidade na base e dando lugar a vales com fundo plano entulhados de sedimentos, ou vales em “V”, nos quais afloram os basaltos.

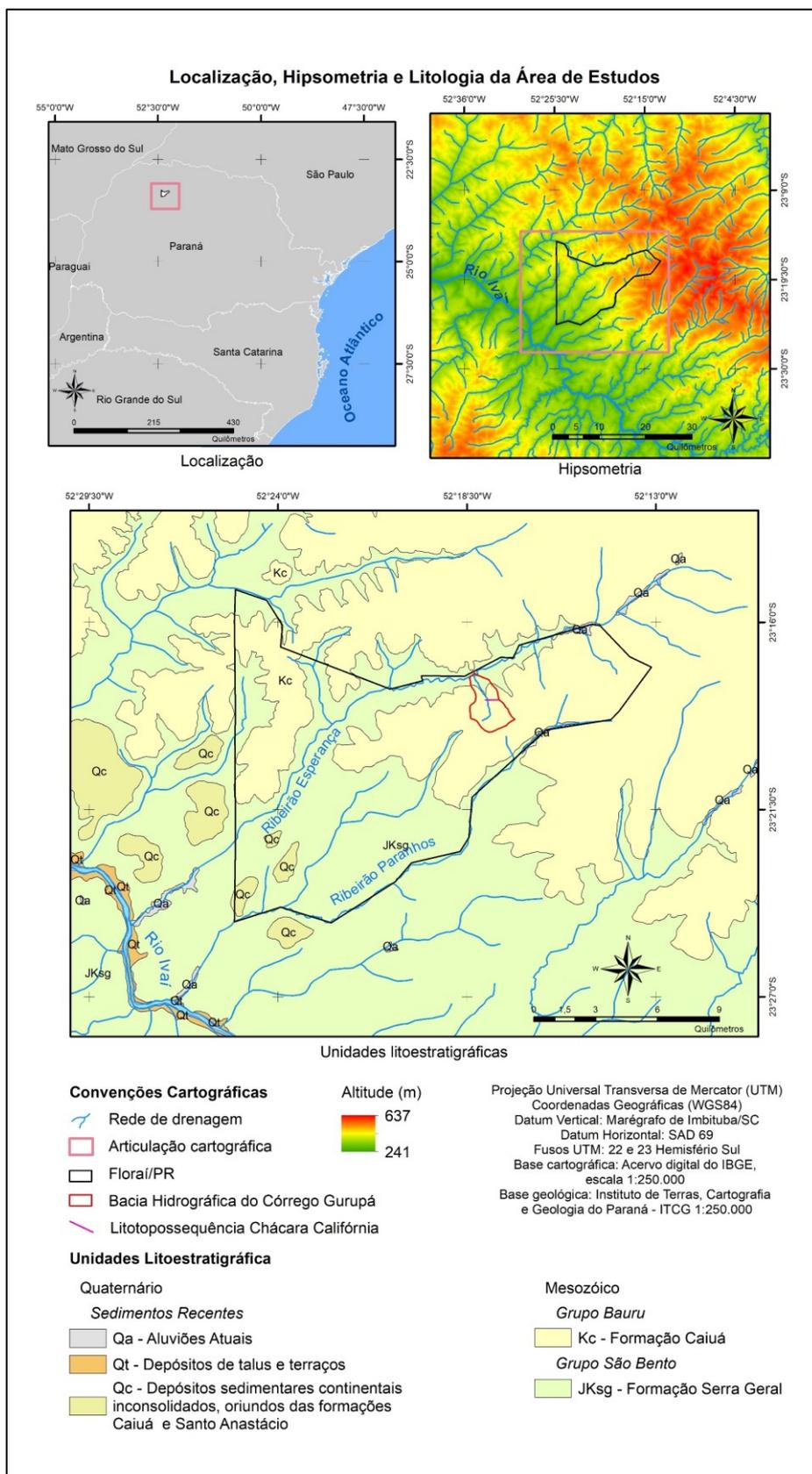


Figura 1: Localização, hipsometria e litologia do município de Florai/PR.

A distribuição dos tipos de solos ao longo da paisagem tem íntima relação com a espacialização das formas e litologias: sobre os arenitos ocorrem Latossolos e Argissolos Vermelhos, distróficos e típicos – o primeiro nas áreas de topos planos, o segundo em setores de maior declividade ao longo da vertente, ou em toda a rampa até o topo, geralmente em interflúvios mais estreitos; sobre os basaltos observamos Latossolos e Nitossolos Vermelhos eutróficos, que ocupam, assim como os solos sobre arenito, determinadas faixas de declividade (EMBRAPA e IAPAR, 2008).

A cobertura vegetal original era composta pela Floresta Estacional Semidecidual, com diferenças internas dependendo da litologia, e por manchas de Cerrados nos topos de certas áreas sobre a Formação Caiuá (MAACK, 1968). O uso da terra atual evidencia, mais uma vez, a distinção do substrato regional: sobre os solos do basalto ocorre intensa monocultura mecanizada do binômio soja/milho; sobre o arenito a monocultura da cana-de-açúcar avança sobre antigas áreas de pastagem e pequenas propriedades com produção diversificada, parcialmente para subsistência (ANDRADE, 2005).

Na rede hidrográfica se sobressaem em importância os rios Ivaí e Pirapó, que deságuam nos rios Paraná e Paranapanema, respectivamente. O rio Pirapó, com direção S-N, drena todo o setor nordeste da área, e o rio Ivaí, que corre no setor sudoeste, recebe afluentes que drenam na direção NE-SW, entre os quais se insere o ribeirão Esperança, nível de base do córrego Gurupá - drenagem de sentido SE-NW, localizada na zona de transição arenito-basalto. Essa bacia foi escolhida para análises detalhadas das formas e materiais encontrados em superfície e subsuperfície.

3. Procedimentos Metodológicos

A abordagem seguiu uma sequência multiescalar, com o objetivo de caracterizar aspectos gerais das formas de relevo e dos materiais (rochas, solos e depósitos) em escala regional e, em seguida, analisar a bacia hidrográfica do córrego Gurupá em detalhe e ultradetalhe, dando atenção para a geometria de uma vertente e as especificidades granulométricas e morfológicas das areias de um solo sobre o arenito, em comparação com outro no basalto.

Os procedimentos para a análise regional ocorreram em gabinete, a partir da compilação e processamento de informações georreferenciadas em SIG. Nesta etapa utilizamos dados em escala 1:250.000, disponíveis *online* no site do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para a elaboração dos mapas de localização, hipsométrico e de unidades litoestratigráficas (**Figura 1**). Esta fase do trabalho serviu para subsidiar a escolha do córrego Gurupá como área de estudos, pois foi possível identificar os setores de transição entre as formações Caiuá e Serra Geral.

Após essa etapa, abordamos a bacia no nível de detalhe em trabalhos de campo. Seguimos sugestões do IBGE (2015) e Boulet *et al.* (1982a, 1982b, 1982c) para o levantamento das formas, da distribuição lateral e vertical dos materiais e a descrição de suas características gerais, como cor, textura e mineralogia da fração grossa ao longo do modelado de relevo de uma vertente. Este procedimento serviu de base para a elaboração de uma “Litotoposequência”, que é um modelo da distribuição vertical e lateral dos materiais e suas relações com as formas da vertente.

Na sequência, abrimos uma trincheira na faixa de transição entre o arenito e o basalto, onde foram descritos dois perfis e coletadas nove amostras deformadas e indeformadas para análises físicas e micromorfológicas em laboratório. As amostras foram retiradas do centro de cada volume e das transições entre esses, com o objetivo de caracterizar os aspectos gerais dos materiais e suas possíveis filiações genéticas, e descrever os processos pedogenéticos e morfogenéticos atuais e pretéritos responsáveis pela diferenciação granulométrica e morfológica da fração grossa desses solos.

A última etapa, de ultradetalhe, ocorreu em laboratório. Com as amostras deformadas procedemos à análise granulométrica pela técnica da pipetagem, e ao peneiramento e fracionamento da areia, seguindo os procedimentos indicados por Moniz (1972), Gôngora e Nóbrega (2002) e Camargo *et al.* (2009). A escala adotada para a divisão das partículas foi a seguinte: Areia Muito Grossa 2 – 1 mm, Areia Grossa 1 – 0,500 mm, Areia Média 0,500 – 0,250 mm, Areia Fina 0,250 – 0,125 mm, Areia Muito Fina 0,125 – 0,053 mm, Silte 0,053 – 0,002 mm e Argila < 0,002 mm.

Após o fracionamento da areia, foram separados e observados 100 grãos da fração modal de cada volume e transição, utilizando uma lupa binocular com aumento máximo de 50x, o que permitiu verificar o grau de arredondamento e transparência, a textura superficial e a mineralogia dos materiais, conforme preconizado por Krumbein (1941) e Suguio (2003).

A partir das amostras indeformadas foram confeccionadas lâminas delgadas de solo, que utilizamos para a descrição e análise das características e organizações das frações grossa e fina no interior dos agregados elementares de cada volume e transição. As observações foram feitas em microscópio petrográfico com aumento de até 400x, e as interpretações sobre os aspectos micromorfológicos seguiram as indicações contidas em Bullock *et al.* (1985), Stoops (2003) e Castro (2008).

4. Resultados e Discussão

Situada na transição arenito-basalto, a bacia hidrográfica do córrego Gurupá contém um modelado de relevo diretamente ligado a essa diferença. A Formação Caiuá aparece nas áreas de topos planos e terços superiores e médios de vertentes convexas, com declividades entre 3 a 30%; nos terços finais, após ruptura de declive, ocorre a Formação Serra Geral, associada a vertentes retilíneas com declividades superiores a 15%.

A Litotopossequência Chácara Califórnia (**Figura 2**) atravessa esta sucessão de formas e materiais. O transecto está localizado no setor central da bacia, na margem direita do Gurupá, com 607 m de comprimento e amplitude altimétrica de 54 m (411 a 465 m).

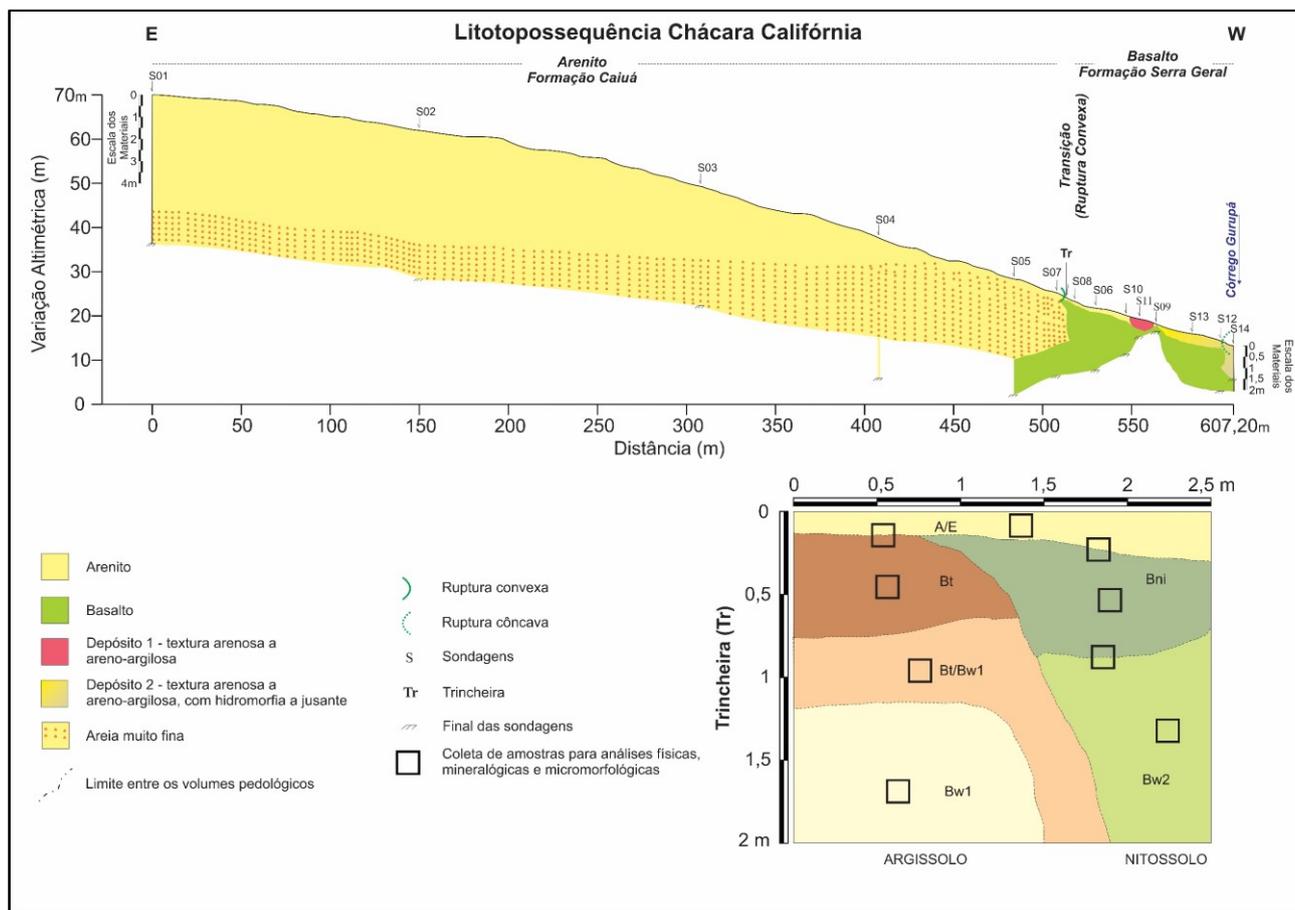


Figura 2: Litotopossequência Chácara Califórnia, Florai/PR.

Neste modelo, que ilustra a distribuição vertical e lateral dos materiais de origem dos solos e formas do modelado de relevo, é possível observar os seguintes aspectos de montante para jusante:

- No topo e segmento convexo da vertente, até aproximadamente 500 m de distância, ocorre o arenito Caiuá de forma contínua lateralmente. Em profundidade surge uma divisão na granulometria da fração grossa com geometria oblíqua ao modelado (há uma mudança de areia grossa para fina), o que sugere uma descontinuidade de materiais.
- Próximo à área terminal do setor convexo identificamos o basalto em profundidade, abaixo do arenito, que fica cada vez mais próximo da superfície em direção à jusante, principalmente após a ruptura convexa que separa o setor retilíneo do convexo. Neste trecho do transecto as sondagens foram mais rasas, porém possibilitaram identificar a transição abrupta entre os materiais de subsuperfície, a continuidade lateral do basalto em profundidade e seu recobrimento pela Formação Caiuá e por dois depósitos de espessura e textura variadas.

No setor de transição entre as litologias, logo após a ruptura convexa, abrimos a trincheira (Tr), que teve dois metros de profundidade por dois e meio de comprimento e um e meio de largura. Identificamos e descrevemos seis volumes pedológicos, três pertencentes ao ARGISSOLO VERMELHO Latossólico (Bt,

Bt/Bw1 e Bw1), dois ao NITOSSOLO VERMELHO Latossólico (Bni e Bw2) e um comum aos dois solos (A/E).

O volume superficial A/E tem textura média, cor 5YR 4/4 (bruno-avermelhado), estrutura granular, porosidade tubular e a maior quantidade de areia (662 g/kg) da trincheira (**Tabela 1**). Observamos em campo que essa fração grossa era composta por grãos maiores e mais arredondados, se diferenciando daqueles descritos em subsuperfície, com textura mais fina e maior angulosidade. Na transição A/E-Bt ocorre um paulatino aumento da fração argila, mas a textura se mantém média, e a transição entre um volume e outro é progressiva.

Tabela 1: Distribuição granulométrica e textura dos perfis estudados.

Amostra		Distribuição Granulométrica			Textura
		Areia	Silte	Argila	
		g/kg			
Argissolo	A/E	662	160	178	Média
	A/E-Bt	635	161	204	
	Bt	484	115	400	Argilosa
	Bt/Bw1	458	122	420	
	Bw1	503	114	383	
Nitossolo	A/E-Bni	503	128	370	Argilosa
	Bni	455	122	423	
	Bni-Bw2	439	136	425	
	Bw2	475	121	405	

No volume Bt ocorrem algumas mudanças: a textura passa a argilosa, aparece cerosidade abundante, a cor muda para 2,5YR 3/4 (bruno-avermelhado-escuro), a estrutura se organiza em blocos poliédricos angulares fortes, e a porosidade se torna fissural e tubular. Essas características se repetem na faixa de transição Bt/Bw1, exceto a estrutura que passa a fraca, mas mantém a organização em blocos, e a cerosidade, que agora ocupa somente as fissuras que separam os agregados. No volume Bw1 aparecem novas diferenças: a textura se mantém argilosa, não há indícios de cerosidade, a cor permanece 2,5YR 4/6 (vermelho) e a estrutura varia de blocos angulares fracos a microagregada.

Com relação à distribuição granulométrica, o Argissolo apresenta uma progressiva diminuição das frações areia e silte em profundidade, com aumento gradual da argila. No perfil ocorrem os maiores valores de areia e silte (A/E-Bt), e os menores de argila (A/E-Bt) e silte (Bw1), encontrados na trincheira.

No caso do Nitossolo, localizado no setor direito, aparece o maior valor de argila (Bni-Bw2). Na transição A/E-Bni há um aumento mais substancial da fração argila, com a textura já na classe argilosa, e a transição para o volume Bni ocorre de forma progressiva.

O Bni apresenta textura argilosa, cor 2,5YR 3/6 (vermelho-escuro), estrutura poliédrica angular e forte, e porosidade fissural e tubular. A transição para o volume abaixo é progressiva: em Bw2 encontramos textura argilosa, cor 2,5YR 3/4 (bruno-avermelhado-escuro), estrutura poliédrica fraca a microagregada, e porosidade fissural e tubular.

Do ponto de vista macromorfológico e textural os dois perfis são similares, porém com uma análise detalhada da fração grossa algumas diferenças se tornam evidentes.

Com o fracionamento da areia se observa que o Argissolo contém, majoritariamente, areias na fração muito fina (0,125 – 0,053 mm) e fina (0,250 – 0,125 mm), com exceção do volume Bw2, onde aparece uma contribuição da classe média (0,500 – 0,250 mm), condição mais próxima àquela observada no perfil oposto (**Figura 3**). No Nitossolo ocorrem, já na transição A/E-Bni até a maior profundidade em Bw2, as classes areia muito fina, fina e média, com valores menores que os encontrados no Argissolo.



Figura 3: Distribuição granulométrica da fração areia nos perfis estudados.

A areia fina é a fração modal para os dois perfis, e sua análise morfoscópica evidencia mais algumas diferenças entre os materiais. De modo geral, todos os grãos estão fraturados ou picotados e ferruginizados, alguns apresentam concavidades com pontos vermelhos no interior, e a mineralogia é composta, em sua maioria, por quartzo, com valores inferiores a 4% de magnetita. Na **Tabela 2** sintetizamos as descrições morfoscópicas de cada volume, onde é possível observar as variações no grau de arredondamento, textura superficial, grau de transparência e mineralogia.

Tabela 2: Síntese das informações morfooscópicas e mineralógicas dos perfis estudados.

Amostra	Fração Modal (mm)	Grau de Arredondamento ¹					Textura Superficial		Grau de Transparência				Mineralogia	
		1	2	3	4	5	Lisa	Rugosa	Translúcido		Opaco		Magnetita	Quartzo
		Polido	Fosco	Leitoso-Branco	Escuro									
Porcentagem (%)														
Argissolo	A/E	11	46	35	7	1	11	89	99	0	0	1	1	99
	A/E-Bt	18	23	58	1	0	12	88	92	6	0	2	2	98
	Bt	35	21	34	9	1	14	86	96	1	1	2	2	98
	Bt/Bw1	14	21	40	23	2	16	84	76	16	6	2	2	98
	Bw1	31	16	32	18	3	20	80	57	40	1	2	2	98
Nitossolo	A/E - Bni	17	22	46	14	1	25	75	53	45	0	2	2	98
	Bni	18	25	48	8	1	10	90	54	42	2	2	2	98
	Bni-Bw2	25	19	43	13	0	10	90	42	50	4	4	4	96
	Bw2	17	20	52	11	0	21	79	36	60	3	1	1	98

¹ Adaptado de Krumbein (1941): 1 - angular, 2 - subangular, 3 - subarredondado, 4 - arredondado, 5 - muito arredondado.

No Argissolo, ao longo do volume A/E e transição A/E-Bt, o grau de arredondamento corresponde a grãos subangulares e subarredondados, e os quartzos são rugosos e polidos. Em profundidade, na transição Bt/Bw1 e volume Bw1, o grau se altera para subarredondado, arredondado e angular, com grãos lisos e foscas. Esse material varia de muito ferruginizado em superfície a pouco em profundidade.

No perfil de Nitossolo predominam os grãos subarredondados e, em menor quantidade, os subangulares e angulares. Próximo à superfície ocorrem quartzos rugosos polidos ou foscas, e em profundidade há um aumento na quantidade de grãos foscas e rugosos. Este material varia de pouco a não ferruginizado na transição A/E-Bni, e em profundidade há um aumento no número de grãos ferruginizados, demonstrando situação inversa ao Argissolo.

Em nível micromorfológico, observamos que a fração grossa no Argissolo é composta por grãos de quartzo e nódulos de Fe/Mn, que diminuem de tamanho com aumento da profundidade (**Figura 4**).

A distribuição de base da fração grossa no interior dos agregados é aleatória, com poucas áreas de distribuição bandada (envolta de raízes), predominando distribuições não referidas. A fração fina apresenta dois tipos de organização: no topo da trincheira, volume A/E, aparece dispersa entre os grãos de quartzo, ou fazendo uma ponte entre algumas partículas da fração grossa (distribuição enáulica a gefúrica); a partir do volume Bt, a fração fina se organiza como uma massa densa e contínua, com partículas de quartzo de tamanho variado imersas em seu interior (distribuição porfírica aberta ou fechada).

Alguns grãos da fração grossa, principalmente os de quartzo, apresentam golfos de dissolução com o processo de *plasma infusion* em seu interior, o que indica um ataque geoquímico e físico sobre este material.

Nas lâminas do Nitossolo observamos que a fração grossa é constituído por grãos de quartzo, com diâmetro muito heterogêneo e suave diminuição no tamanho, nódulos de Fe/Mn e geodos - indicando que os basaltos que deram origem a este solo são do tipo amigdaloidal. Como no Argissolo, a distribuição de base da fração grossa é aleatória, com poucos grãos em distribuição bandada (ao redor de pedotúbulos preenchidos), predominando distribuições não referidas (**Figura 5**).

A distribuição de base da fração fina possui associação direta com o tipo de estrutura encontrada no agregado elementar: em áreas microagregadas, ocorrem distribuições enáulica e gefúrica, nos setores com blocos poliédricos predomina a forma porfírica aberta ou fechada – onde, em certos casos, é possível observar resquícios da estrutura microagregada no interior da massa argilosa (imagem do volume Bni na **Figura 5**).

Ainda com relação aos elementos finos, observamos recobrimento de argilas ao longo de alguns poros ou sobre a fração grossa, de modo similar ao encontrado no Argissolo, o que sugere uma migração vertical e/ou lateral de matéria no interior dos solos e posterior reorganização estrutural a partir da adição ou perda de alguns elementos. No Nitossolo também ocorrem golfos de dissolução com o processo de *plasma infusion* na fração grossa, reforçando a hipótese de ataque geoquímico e físico.

Esses processos conjugados talvez expliquem a porcentagem elevada de silte nos dois perfis, principalmente próximo à superfície: a dissolução dos grãos, formando fendas e concavidades em formato de cáries, facilita a penetração dos materiais finos que, por ciclos de umedecimento e ressecamento, se expandem e contraem dentro do grão, fraturando e fragmentando a partícula em pedaços cada vez menores – até,

possivelmente, atingir a dimensão da fração silte. Observações e comentários similares já foram registradas por Zapparoli (2009) e Zapparoli e Gaspareto (2010 e 2017), que trabalharam na bacia hidrográfica do córrego Aratu, localizada a nordeste do córrego Gurupá, também em Florai/PR.

Em síntese, os resultados da análise detalhada da fração grossa corroboram com a hipótese de Jabor e Santos (1984), que argumentaram que os arenitos da Formação Caiuá possuem duas fácies, uma de deposição eólica (Porto Rico) e outra flúvio-lacustre (Mamborê), contrariando a sugestão de Milani (2004), que propõe um contexto deposicional exclusivamente eólico.

Com relação aos aspectos da fração fina, observados na análise micromorfológica, há indícios de que a área passa por um processo de desequilíbrio pedobioclimático, pois há exportação de matéria por processos físicos e geoquímicos e intensa reorganização estrutural dos solos – fenômeno que acontece quando o solo busca alcançar um equilíbrio dinâmico frente às novas condições ambientais. Essa ideia já foi sugerida por Nakashima (1999) para a região, ao investigar a organização e distribuição dos sistemas pedológicos no noroeste paranaense e a suscetibilidade de cada conjunto aos processos erosivos.

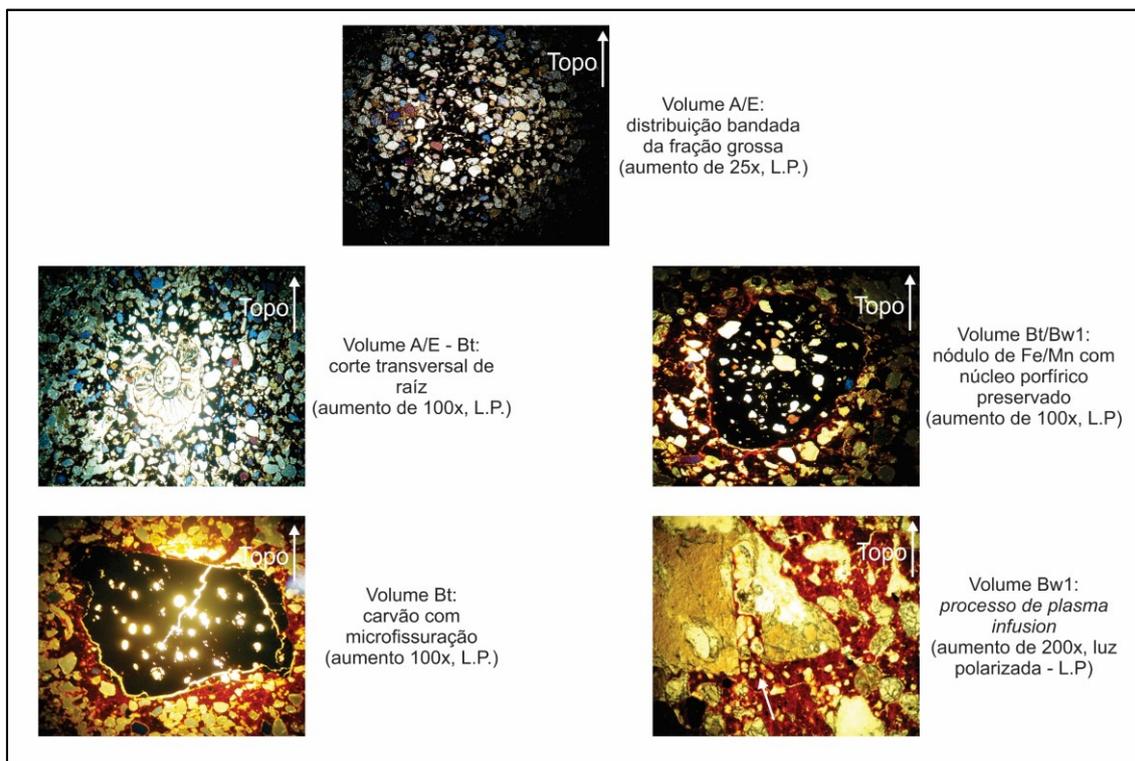


Figura 4: Fotomicrografias, em luz polarizada (L.P.), das lâminas do Argissolo – sem escala.

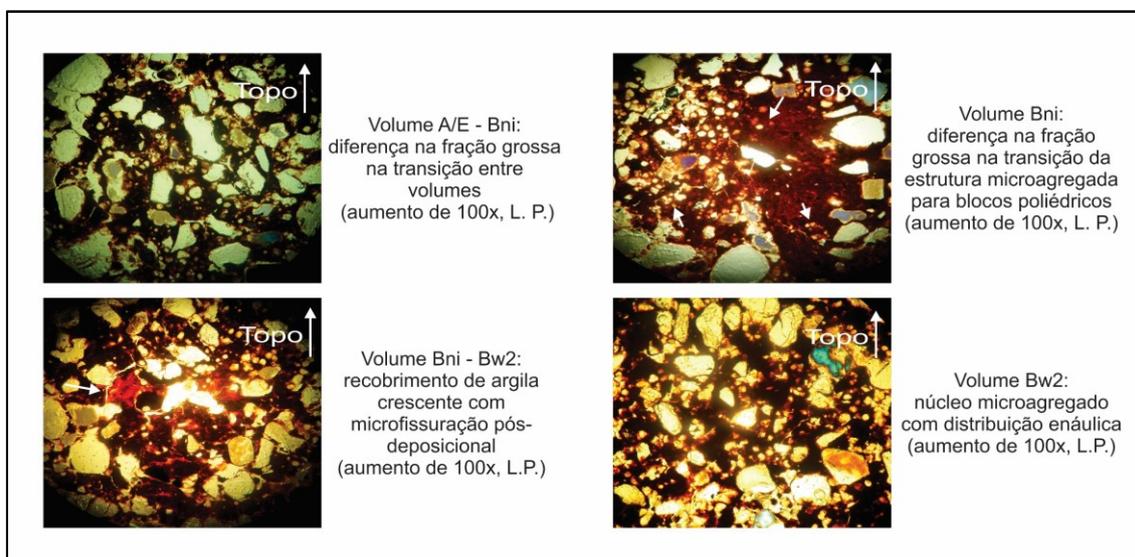


Figura 5: Fotomicrografias, em luz polarizada (L.P.), das lâminas do Nitossolo – sem escala.

5. Conclusões

As diferenças observadas no perfil de Argissolo, como o grau de arredondamento e transparência e características da fração grossa em microscopia, poderiam corresponder a processos distintos que atuaram nos paleoambientes de deposição destes grãos: os quartzos angulares polidos do volume A/E e transição A/E-Bt possuem aspectos de materiais depositados em ambiente flúvio-lacustre, e os grãos subarredondados e foscos dos volumes Bt e Bw1 e transição Bt/Bw1 tem características de deposição eólica de regiões desérticas. De modo diferente ao do Argissolo, que contém grãos subangulares a subarredondados no volume A/E e transição A/E-Bt, o Nitossolo já apresenta grãos subarredondados a subangulares na transição A/E-Bni, mantendo essa característica até o volume Bw2, além de conter maior concentração de quartzos foscos e lisos.

De modo geral, analisando o grau de transparência e arredondamento, a textura superficial e a organização da fração grossa no interior dos agregados elementares, ficam nítidas as diferenças morfológicas dos grãos de quartzo do Argissolo e do Nitossolo, porém, no que tange à mineralogia e granulometria, as distinções são sutis. Além disso, as características encontradas no volume superficial A/E, comum aos dois solos, não possuem continuidade em profundidade no Nitossolo, o que indica uma gênese alóctone deste material sobre o basalto.

Acreditamos que para novas pesquisas e levantamentos pedológicos na região noroeste do estado do Paraná, e em outras partes do Brasil, seriam oportunas análises mais detalhadas da fração grossa dos solos, pois corresponde a materiais mais resistentes que guardaram registros dos processos aos quais foram submetidos ao longo de sua existência – são, também, facilmente visualizados com instrumentos mais simples, ao contrário das argilas que demandam microscópios potentes.

A compreensão da distribuição contínua ou descontínua desses materiais lançará luz sobre a discussão autoctonia/alóctonia e pedogênese/morfogênese de inúmeras formações superficiais encontradas em território nacional, que ainda não possuem respostas satisfatórias sobre sua gênese e evolução.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo fomento à pesquisa de mestrado do primeiro autor, que embasou a publicação deste trabalho (processo FAPESP nº 2010/03397-0); a toda equipe do Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) do município de Florai/PR, pela ajuda logística nos trabalhos de campo; ao Laboratório de Pedologia da Universidade de São Paulo (LABOPED/DG/USP), onde as análises foram realizadas; a todos os amigos do Grupo Nostradamos do LABOPED, que contribuíram com sugestões e críticas ao longo da construção da dissertação.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE DU SOL (AFES). **Référentiel Pédologique 2008**. Versailles: Éditions Quae, 2008. 433 p.
- ALVES, G. B.; NAKASHIMA, M. R.; BARREIROS, A. M.; QUEIROZ NETO, J. P. Depósitos Cenozoicos em Maracá (SP). **Boletim Paulista de Geografia**, vol. 97, p. 66-91, 2017.
- ANDRADE, J. A. de. **As unidades de paisagens e os sistemas de produção agrícolas no município de Florai-PR**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia, 2005. 116 p. (Dissertação de Mestrado)
- BARREIROS, A. M. **Estudo sobre a pedogênese na transição arenitos-basaltos na bacia do córrego Gurupá (Florai/PR)**. São Paulo: Universidade de São Plo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 2013. 131 p. (Dissertação de Mestrado)
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. **Handbook for soil thin section description**. Albrington: Waine Research, 1985. 152 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, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, edição revista e atualizada)

CASTRO, S. S. **Micromorfologia de solos**: bases para descrição de lâminas delgadas. Goiânia/Campinas: UFG-IESA, UNICAMP-IG-DGEO, 2008. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/micromorfologia/Index.html>>. Acesso em: 30 de out. de 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA); INSTITUTO ANGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Mapa de Solos do Estado do Paraná – legenda atualizada**. Rio de Janeiro: EMBRAPA FLORESTA, EMBRAPA SOLOS e IAPAR, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília DF: EMBRAPA, 3º ed. ver. ampl., 2013. 353 p.

GÔNGORA, I. B.; NÓBREGA, M. T. Degradação de algumas propriedades de um Nitossolo Vermelho em função do tipo de uso na região de Maringá-PR. **Boletim de Geografia**, vol. 20 (2), p. 59-68, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE – Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 3º ed., 2015. 430 p.

JABUR, I. C.; SANTOS, M. L. dos. Revisão Estratigráfica da Formação Caiuá. **Boletim de Geografia**, ano 2, nº 2, jan., 1984.

KRUMBEIN, W. C. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. **Jour. Sed. Petrology**, vol. 11, p. 64-72, 1941.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Banco do Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350 p.

MANOSSO, D. C. C. **A degradação das propriedades físicas dos Latossolos Vermelhos Distróficos em decorrência dos diferentes usos agrícolas em Florai – PR**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia, 2006. 120 p. (Dissertação de Mestrado)

MARQUES, L. S.; ERNESTO, M. O Magmatismo Toleítico da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B de. **Geologia do continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. 647p.

MILANI, E. J. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B de. **Geologia do continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. 647p.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. (MINEROPAR). **Carta Geológica**. Folha de Londrina, SF-22-Y-D, escala 1:250.000, 2006.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. (MINEROPAR); UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba, 2006. 63 p.

MONIZ, A. C. (org.). **Elementos de Pedologia**. São Paulo: EDUSP, 1972. 459 p.

NAKASHIMA, P. **Sistemas Pedológicos da região Noroeste do Paraná**: distribuição e subsídios para o controle da erosão. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, 1999. (Tese de Doutorado)

NAKASHIMA, M. R. **Gênese dos Nitossolos Vermelhos férricos na bacia do córrego Miringuava, Maringá - PR**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 2013. 129 p. (Dissertação de Mestrado)

PINHEIRO, M. R.; MICHELON, C. R.; MANFREDINI, S. Gênese dos depósitos neoceno-zóicos do reverso da serra de São Pedro e evolução da superfície das Cristas Médias – Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 4, p. 661-677, 2016.

QUEIROZ NETO, J. P. Técnica para o estudo granulométrico da fração areia dos solos. **Bragantina**, vol. 22, nº 2, p. 13-26, 1963.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Editora Blucher, 2003. 400 p.

THIEDE, D.S. & VASCONCELOS, P.M. Paraná flood basalts: rapid extrusion hypothesis confirmed by new ⁴⁰Ar/³⁹Ar results. **Geologia**, v. 38, n. 8, p. 747-750, 2010.

ZAPAROLI, F. C. M. **As transformações pedológicas identificadas na topossequência Sítio São José na bacia do córrego Aratu, Florai – PR.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia, 2009. 155 p. (Dissertação de Mestrado)

ZAPAROLI, F. C. M.; GASPARETO, N. V. L. Distribuição de solos e sua relação com o relevo em uma vertente no município de Florai-PR. **Boletim de Geografia**, vol. 28, n. 2, p. 49-63, 2010.

ZAPAROLI, F. C. M.; GASPARETO, N. V. L. Morphological analysis of quartz grains of two horizons in a Utisol, Paraná – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 10, nº 4, p. 1059-1070, 2017.