

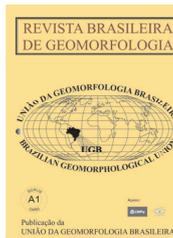


www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 20, nº 4 (2019)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i4.1642>



### MICROMORFOLOGIA DE COLÚVIO-ALÚVIOS EM PALEOVOÇOROCAS COLMATADAS NAS SUPERFÍCIES DE CIMEIRA DE PINHÃO/GUARAPUAVA E PALMAS/CAÇADOR – SUL DO BRASIL

### MICROMORPHOLOGY OF COLLUVIUM-ALUVIUM IN PALEOGULLY FILLING IN THE PINHÃO/GUARAPUAVA AND PALMAS/CAÇADOR SUMMIT SURFACE– SOUTH OF BRAZIL

**Vitor Hugo Rosa Biffi**

*Núcleo de Estudos PaleoAmbientais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Rua Maringá 1.200, Francisco Beltrão, Paraná. CEP 85.605.010. Brasil*

*ORCID: 0000-0002-5773-7842*

*Email: vhugorosabiffi@gmail.com*

**Julio Cesar Paisani**

*Núcleo de Estudos PaleoAmbientais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Rua Maringá 1.200, Francisco Beltrão, Paraná. CEP 85.605.010. Brasil*

*ORCID: 0000-0002-8911-6477*

*Email: juliopaisani@hotmail.com*

#### Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):  
02/04/2019  
Aceito (Accepted):  
01/07/2019

#### Palavras-chave:

Escoamento Superficial; Fluxo de Lama; Agregados.

#### Keywords:

Overland Flow; Mud Flow; Aggregates.

#### Resumo:

O objetivo desse trabalho foi determinar as propriedades micromorfológicas dos depósitos de colúvio-alúvio que colmataram paleovoçorocas estabelecidas nas superfícies de cimeira de Pinhão/Guarapuava e Palmas/Caçador, inseridas no Planalto Vulcânico da Bacia do Paraná, visando aprofundar a compreensão os processos envolvidos na gênese de fácies colúvio-aluviais, bem como reconhecer características dos materiais da área fonte, processos deposicionais e transformações pós-deposicionais. Selecionou-se dois registros estratigráfico contendo paleovoçorocas colmatadas previamente descritos macroscopicamente, na superfície de Pinhão/Guarapuava e na superfície de Palmas/Caçador. Foram coletadas cinco amostras indeformadas dos sedimentos de colmatação das paleovoçorocas para análise micromorfológica, a qual contou com nomenclatura descritiva de Stoops (2003). Como resultados, verificou-se que a distribuição relativa dos constituintes é integrada, sendo enáulica para fácies arenosa e porfírica para a fácies lamosa. A primeira é constituída por agregados pedogênicos intrusivos (pedorrelíquias), cuja morfologia dos agregados reflete as condições de transporte ao longo da encosta por escoamentos laminar e/ou canalizado. Já a segunda, apresenta microestrutura maciça, indicando fluxo de lama. A fração grossa é constituída por quartzo, ilmenita, magnetita, nódulos lito- e pedomórficos, os quais indicam que a área fonte passou por elevado estágio de intemperismo. Revestimentos, hiporevestimento e quasirevestimento tanto de depleção quanto de impregnação, além de feições de preenchimento solto constituído de fração

fina, bem como a fábrica com birrefringência manchada a pontilhada indicam migração do Fe e Mn da micromassa, resultam da circulação de água nos processos sindeposicionais e pós-deposicionais. A baixa quantidade de poros-canais sinaliza a inexpressiva atividade biológica nos sedimentos de ambos os registros estratigráficos, indicando que as transformações pós-deposicionais estão em estágio inicial, não sendo suficiente para reorganizar os materiais pela pedogênese. A partir da análise micromorfológica dos materiais, foi possível verificar mudanças na viscosidade do escoamento superficial ao ser canalizado, gerando fácies arenosas e lamosas, sugerindo que na colmatação das paleovoçorocas houveram fluxos com diferentes concentrações de sedimentos no processo deposicional.

#### Abstract:

The objective of this work was to determine the micromorphological properties of the colluvium-alluvium deposits that filled paleogullies established on the Pinhão/Guarapuava and Palmas/Caçador summit surfaces, inserted in the Paraná Basin Volcanic Plateau, aiming to deepen the understanding of the genetic processes involved in the establishment of colluvium-alluvial deposits, as well as to recognize characteristics of source area materials, depositional processes and post-depositional transformations. Two stratigraphic records containing filled paleogullies macroscopically described previously were selected, one on the Pinhão/Guarapuava surface and the other on the Palmas/Caçador surface. A total of five undisturbed samples of the paleogullies clogging sediments were collected for micromorphological analysis, which had a descriptive nomenclature from Stoops (2003). As a result, it was found that the the c/f-Related Distributionis integrated, being enaulic for sandy facies and porphyric for the muddy facies. The first consists of pedogenic intrusive aggregates (pedorelicts), whose aggregate morphology reflects the transport conditions along the slope by laminar and/or channel flows. The second has a massive microstructure, indicating mudflow. The coarse-matrix consists of quartz, ilmenite, magnetite, litho- and pedomorphic nodules, which indicate that the source area underwent a high stage of weathering. Coatings, hypocoating and quasicoating of depletion and impregnation, as well as loose infilling features consisting of fine fraction as well as the b-fabric indicate migration of Fe and Mn from the micromass, result from water circulation in the syndepositional and post-depositional processes. The low amount of channels voids signals the inexpressive biological activity in the sediments of both stratigraphic records, indicating that post-depositional transformations are at an early stage and not sufficient to rearrange the materials by pedogenesis. From the micromorphological analysis of the materials, it was possible to verify changes in the overlandflow viscosity when being channeled, generating sandy and muddy facies, suggesting that in the paleogullies clogging there were flows with different sediment concentrations in the depositional process.

## 1. Introdução

A evolução das paisagens nas áreas planálticas do sul do Brasil vem sendo compreendida a partir da caracterização de suas formações superficiais, e até o momento, as pesquisas revelam que os materiais possuem origem tanto autóctone quanto alóctone, e que estão ajustadas com a evolução do relevo em escala macrolocal a regional (PAISANI *et al.*, 2019a). Os processos genéticos envolvidos no estabelecimento de formações superficiais alóctones nessa região ainda é uma questão em aberto, sobretudo no ambiente de encosta. Atualmente, sabe-se que os materiais são mal selecionados e ricos em finos (argila e silte), expressando as características do material fonte, geralmente solos com diferentes graus de evolução (PAISANI *et al.*, 2019b).

O registro estratigráfico levantado no âmbito de estudos de geomorfologia do Quaternário na área de domínio dos Planaltos Subtropicais com Araucária tem revelado o papel de paleoregimes hidrológicos no desenvolvimento de formações superficiais alóctones (MELO *et al.*, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2008; PAISANI e GEREMIA 2010; PAISANI *et al.*, 2014; PASSOS e CAMARGO FILHO 2015). As formações superficiais alóctones em encostas são designadas na literatura como colúvios (THOMAS, 1994), porém, quando ocorrem preenchendo incisões lineares são chamadas de colúvio-alúvios (CREMEENS e LOTHROP, 2001; SCHAETZL e ANDERSON, 2005), e envolvem uma variedade de sedimentos derivados tanto de movimentos de massa quanto escoamento superficial, vinculados ou

não a eventos hidrológicos extremos (SELBY 1985; THOMAS, 1994; BIGARELLA *et al.*, 2007).

A individualização de unidades sedimentares no registro estratigráfico nem sempre é possível com base em descrições de campo, sobretudo em materiais aparentemente homogêneos. Nesse sentido, o reconhecimento dos elementos da fábrica em escala microscópica mostra-se como uma técnica com potencial na individualização de materiais alóctones, bem como na discriminação desses em relação a outros autóctones no mesmo contexto estratigráfico (MÜCHER e MOROZOVA, 1983; MÜCHER *et al.*, 2010; PAISANI e PONTELLI, 2012). A descrição sistemática das características sedimentológica dos depósitos em encosta tanto em escala macro- quanto microscópica podem fornecer diagnósticos a respeito dos processos genéticos associados, e fornecer chaves de interpretação para a compreensão dos eventos de morfogênese do passado (BERTRAN *et al.*, 1997; BERTRAN e TEXIER, 1999).

De fato, no domínio dos Planaltos Subtropicais com Araucárias, a micromorfologia vem sendo aplicada em diferentes cenários geográficos, que envolvem colúvios derivados de solos oriundos tanto de rochas sedimentares quanto vulcânicas (OLIVEIRA *et al.* 2001; CAMARGO FILHO, 2005; FERREIRA e OLIVEIRA, 2006; PAISANI e PONTELLI, 2012; PAISANI *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2017; PEREIRA, 2017; PAGOTTO, 2018). Por outro lado, há registros de colmatagem de paleovoçorocas no âmbito das formações superficiais alóctones onde ocorrem rochas vulcânicas ácidas, cuja microfábrica é mal compreendida, sobretudo nas situações em que há intercalação de fácies macroscópicas arenosas e lamosas, que podem atestar as variações reológicas do escoamento superficial ou discretos movimentos de massa. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é determinar as propriedades micromorfológicas dos depósitos de colúvio-alúvios que colmataram paleovoçorocas estabelecidas nas superfícies de cimeira de Pinhão/Guarapuava e Palmas/Caçador, inseridas no Planalto Vulcânico da Bacia do Paraná, unidade geomórfica dos Planaltos Subtropicais com Araucárias, visando aprofundar a compreensão dos processos genéticos envolvidos no estabelecimento de depósitos de colúvio-alúviais, bem como reconhecer características dos materiais da área fonte, processos deposicionais e transformações pós-deposicionais

## 2. Áreas de estudo

O Planalto Vulcânico da Bacia do Paraná, também conhecido como Planalto das Araucárias por Almeida (1956), é uma unidade geomorfológica que ocupa cerca de  $\frac{3}{4}$  da região sul do Brasil, e exibe diferentes níveis altimétricos identificados como remanescentes de superfícies incompletamente aplainadas (PAISANI *et al.*, 2008; PAISANI *et al.*, 2013). Na borda leste desse planalto, ocorrem às superfícies de cimeiras de Pinhão/Guarapuava e de Palmas/Caçador (Figura 1A) (ALMEIDA, 1956; BIFFI e PAISANI, 2018). A superfície de Pinhão/Guarapuava é mantida por riodacitos (predominantes) e basaltos tabulares, enquanto a litologia da superfície de Palmas/Caçador é constituída principalmente por riolitos, seguidos por andesitos e basaltos, ambos do Grupo Serra Geral de idade Neocretácea (FODOR *et al.*, 1989; NARDY *et al.*, 2002; SCHENATO *et al.*, 2003; MINEROPAR, 2013).

Na superfície de Pinhão/Guarapuava o relevo é suavemente a moderadamente ondulado, com morfologia de topos aplainados e vertentes retilíneas a convexas, além de depressões fechadas (SANTOS *et al.*, 2006). A superfície manifesta aspectos meteorológicos locais que a caracteriza como clima temperado úmido, Cfb na classificação de Köppen, com temperaturas que variam entre 16 e 20°C e precipitação média anual registrada na estação climatológica de Guarapuava de 1.900 mm.ano<sup>-1</sup> (BIFFI, 2019). As formações superficiais são constituídas por solos poligenéticos, além de depósitos de colúvio, colúvio-alúvio e paleossolos enterrados (VOLKMER, 1999; BIFFI, 2019).

A superfície de Palmas/Caçador é marcada por relevos em mesetas (relevos residuais), colinas convexas e fundos de vales tanto abertos (forma U) quanto fechados (forma V). A altitude lhe impõe regime climático temperado úmido com verão quente, Cfa na classificação de Köppen, e precipitação média de 1.590 mm.ano<sup>-1</sup>, bem distribuída e temperatura média anual de 15°C (média máxima de 26°C e média mínima próximo a 4°C) (PAISANI *et al.*, 2016). As formações superficiais dos fundos de vale são constituídas de solos hidromórficos (Gleissolos), enquanto que as colinas convexas apresentam Neossolos Litólicos, ambas com horizonte A proeminente. Nesses locais também são registrados sedimentos coluviais, colúvio-aluviais, aluviais e paleossolos (PAISANI *et al.*, 2014; 2017).

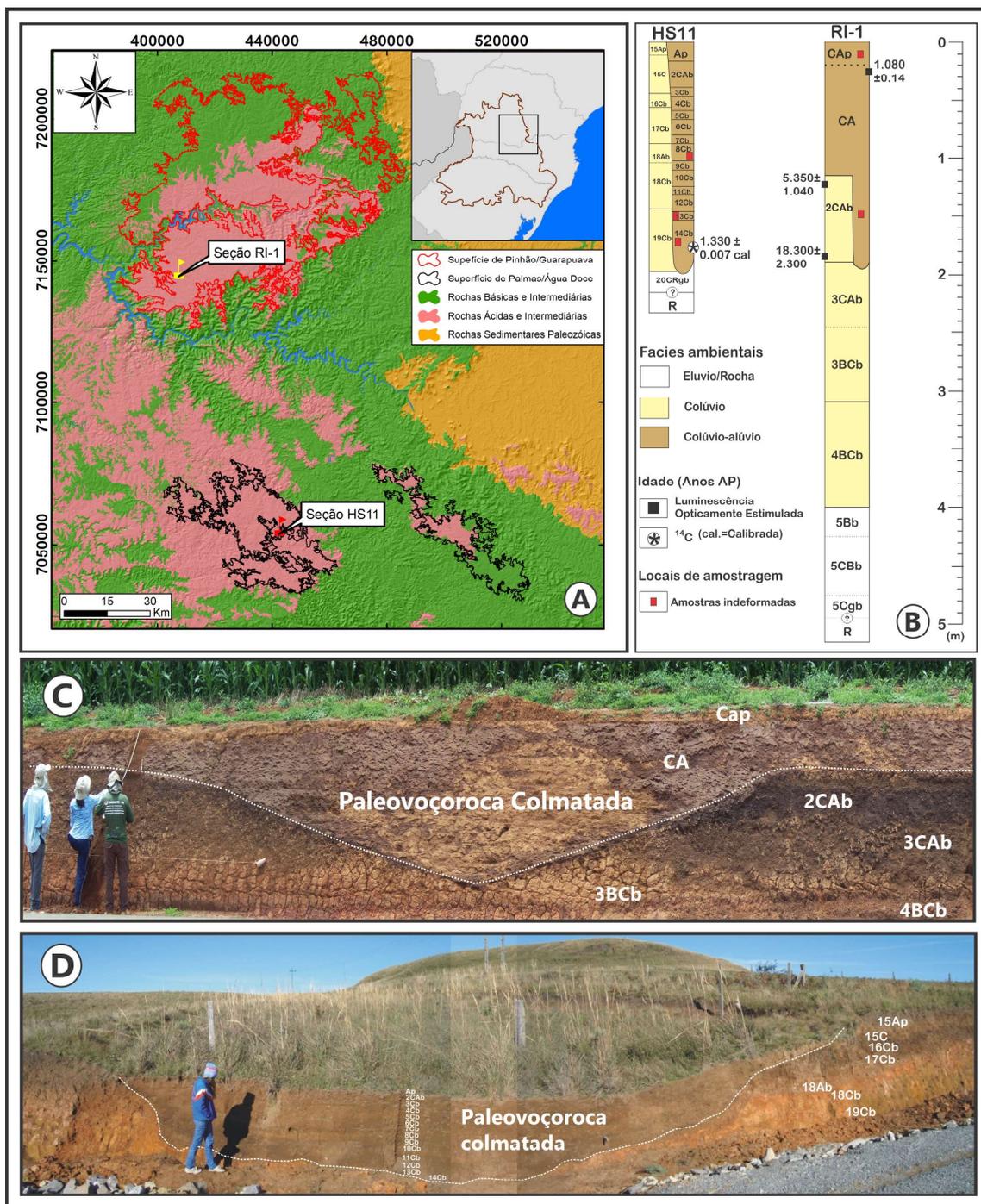


Figura 1 - Localização da área de estudo. Superfícies de Cimeira de Pinhão/Guarapuava e Superfície de Cimeira de Pinhão/Guarapuava (A); Seção colunar pedostratigráfica representando os materiais de encosta na superfície de Palmas/Çaçador (HS11) e Superfície de Pinhão/Guarapuava (RI-1) (B) (Adaptado de Paisani et al., 2019b); Vista da seção estratigráfica com destaque para a paleovoçoroca colmatada, seção RI-1 (C) e HS11 (D).

### 3. Materiais e Métodos

As seções estratigráficas das superfícies de Pinhão/Guarapuava (Seção RI-1) e de Palmas/Çaçador (Seção HS11) foram previamente caracterizadas macroscó-

picamente por Biffi (2019) e Paisani et al. (2019b), respectivamente (Figura 1A), com base na conjugação dos critérios lito-, crono-, pedo-, e aloestratigráficos (CATT, 1991; HUGHES, 2010). A seção estratigráfica

RI-1 apresenta cerca de 68 m de comprimento e 6,30 m de altura e esse encontra em ambiente de encosta inserida em paleocabeceira de drenagem fossilizada (Figura 1C). A arquitetura dos materiais da seção evidencia a presença de colúvios na porção côncava da encosta e afloramento de alterita na porção convexa do topo. Ao longo da seção, se destaca o nível estratigráfico enterrado de cor bruno-muito-escuro, descontínuo lateralmente e parcialmente truncado por incisão erosiva linear. A incisão tem 10,50 m de largura e 2,40 m de profundidade e corresponde a voçoroca colmatada por sedimentos colúvio-aluviais (paleovoçoroca) (BOTH A FEDOROFF, 1995; BIFFI, 2019). Devido a recorrente incidência da pedogênese nos materiais, os registros receberam nomenclatura final pedostratigráfica similarmente ao estabelecido para outras seções estratigráficas da superfície de Palmas/Caçador (PAISANI *et al.*, 1999b). Na seção RI-1 foram reconhecidos nove horizontes pedostratigráficos (Figura 1B), constituídos por sedimentos minerais e organo-minerais com diferentes graus de pedogênese.

Os horizontes superficiais CA e CAp, que correspondem aos materiais que preencheram a paleovoçoroca, representam as fácies colúvio-alúvio, e possui espessura média de 115 cm e cor 5YR 4/6 (vermelho-amarelado). Tais horizontes exibem estratificações plano-paralelas interpretadas como interdigitação de fácies arenosas e lamosas. Datações pelo método da Luminescência Oticamente Estimulada obtida dos registros estratigráficos situam o intervalo de desenvolvimento da paleovoçoroca e subsequente colmatção para os intervalos de  $5.350 \pm 1.040$  a  $1.080 \pm 140$  anos AP (BIFFI, 2019), o qual corresponde ao final do Holoceno Médio ao Superior.

Já a seção HS11 tem 21,2 m de comprimento e 3 m de altura (Figura 1B, D), a qual é similar a seção anterior, sendo constituída por sedimentos de origem tanto coluvial quanto colúvio-aluvial preenchendo paleovoçoroca (Figura 1D). A sequência colúvio-aluvial tem espessura média de 220 cm, cor 7.5 YR 3/4 (bruno-escuro) a 7.5YR 2.5/3 (bruno-muito-escuro), sendo constituída por sedimentos organo-minerais. Foram reconhecidos dezessete horizontes pedostratigráficos, diferenciados pelos processos de gradação (normal e inversa). A colmatção da paleovoçorocas ocorreu durante o Holoceno Superior após  $1.440 \pm 20$  anos AP ( $1.330 \pm 007$  anos cal. AP) (PAISANI *et al.*, 2019b).

Foram coletadas um total de cinco amostras inde-

formadas para análise micromorfológica (Figura 1B). A impregnação e laminação foram feitas no laboratório de Laminação da Universidade de São Paulo, enquanto que as descrições foram realizadas no Laboratório de Microscopia Ótica do Núcleo de Estudos Paleoambientais (NEPA) da UNIOESTE, seguindo critérios de Paisani e Pontelli (2012) e nomenclatura de Stoops (2003) e Stoops *et al.* (2010).

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Distribuição relativa e microestrutura

A distribuição relativa dos constituintes (DRC) dos materiais de colmatção das paleovoçorocas é do tipo integrada, em que a distribuição dos constituintes da microfábrica estão organizados em duas ou três categorias (STOOPS, 2003). Na seção RI-1 ocorre a distribuição enauli-porfírica (Tabela 1, Figura 2A-F), enquanto que os materiais da seção HS11 corresponde à categoria porfiro-enáulica (Tabela 1, Figura 3A-D). A categoria integrada apresenta o agrupamento tanto da fração grossa (minerais primários e nódulos) quanto de agregados, dispostos em microlaminações, que sinalizam diferentes categorias de fluxos no processo sedimentar (BERTRAN e TEXIER, 1999).

Nas microlaminações em que a DRC é enáulica, os materiais são constituídos majoritariamente por agregados intrusivos, também designados na literatura como agregados pedogênicos remobilizados (RUST e NANSON, 1989), ou pedorrelíquias (MUCHER e MOROZOVA 1883; BEREWER e SLEEMAN, 1969), ou ainda pedossedimentos (BOTH A FEDOROFF, 1995; FEDOROFF *et al.*, 2010). Nesse caso, a microestrutura dos agregados é do tipo complexa, resultantes da conjugação de mais de um tipo de microestrutura (STOOPS *et al.*, 2010), individualizados em duas categoria: granulares e microagregados. Os granulares correspondem a agregados separados por poros compostos não acomodados que possuem morfologia esférica (STOOPS, 2003; STOOPS *et al.* 2010), os quais se mostram arredondados a bem arredondados e alisados (Figura 2C). Já os microagregados se distinguem por serem agregados mais ou menos arredondados, muitas vezes rugosos, não acomodados uns aos outros (STOOPS, 2003), sendo que nos sedimentos analisados apresentaram morfologia subesféricas, arredondados a subarredondados ondulados.

Os agregados (granulares e microagregados) estão

distribuídos de maneira intrusiva e aleatória no fundo matricial, evidenciado pelo contato abrupto entre as suas extremidades, e apresentam tamanho fração areia, mas são constituídos de lama (argila e silte). Exibem coloração bruno-avermelhado, vermelho e vermelho-claro, e tamanhos entre 0,33 a 2 mm, (Figura 2A, B, C, E). Frequentemente agregados granulares ocorrem concomitantes a microagregados (Figura 2C), sugerindo mistura de sedimentos durante a fase deposicional. Ocasionalmente registra-se agregados fraturados (cerca de 10%), cuja gênese pode estar vinculada a fluxos com turbulência suficiente para promover a ruptura parcial desses materiais (Figura 2D1), ou decorrerem de fluxos que percorreram curtas distâncias e não tiveram poder de fragmentação dos agregados, e subsequente abrasão, para transformá-los em esféricos (WANG *et al.*, 2017; HAO *et al.*, 2019).

A diferenciação morfológica dos agregados denotam distinto grau de esfericidade e arredondamento, e esses, por sua vez, expressam a intensidade da abrasão

mecânica durante eventos de transporte pelo escoamento superficial em ambiente de encosta (WANG *et al.*, 2017). Em geral, esse fato é um importante indicativo paleoprocessual, pois indicam que os agregados granulares que apresentam sinais nítidos de abrasão sofreram contínuo retrabalhamento ao longo da encosta sob condições de escoamento superficial concentrado entre sulcos (WANG *et al.*, 2013; HAO *et al.*, 2019). Já os microagregados derivam do desprendimento direto do material fonte, e provavelmente sob condições de escoamento superficial laminar, que não tiveram turbulência suficiente dos fluxos ou percorreram curtas distâncias até a deposição. A ocorrência conjunta de agregados e microagregados, em determinadas microfábricas, sugere mistura de sedimentos de áreas fontes distintas ao longo das encostas que circundavam a paleovoçoroca. A diferença de coloração dos agregados também reforça a hipótese de mistura de materiais, pois reflete diferentes horizontes pedológicos como material fonte.

**Tabela 1: Propriedades micromorfológicas de sedimentos colúvio-aluviais de colmatção de paleovoçorocas das seções RI-1 e HS11. Com: empilhamento complexo; comp: Empilhamento composto; Plan: planar; cav: Cavitário; Ind: indiferenciada; Qz: Quartzo; Il: Ilmenita; Mg: magnetita; Nfi: Nódulo de forte impregnação; Nmi: Nódulo de moderada impregnação; EAA: esférico angular alisada; SAA: Subangular arredondado alisado; EBA: Esférico bem arredondado alisado; Pd: Pedorrelíquia de depleção mátrica; Pi: Pedorrelíquia de impregnação mátrica; Hcd: Hiporevestimento de depleção; Hci: hiporevestimento de impregnação; Qci: Quasirevestimento de impregnação.**

Hor	DRC	Porosidade e microestrutura		Micromassa		Fração Grossa		Pedofeições
		Tipos	Microes	Cor	Birref	Comp	Esf e Arre	
<b>Seção RI</b>								
CAp (Topo)	porfírica	plan; cav	Maciça a Cav	5YR 3/4 10YR 5/6	Manchada a Pontilhada	qz; il; mg; nfi; nmi	eaa; saa; eba	-
CA (base)	Enáuli-porfírica	com; comp; plan; cav	Maciça, Gra, mic	5YR 4/6 10YR 4/4 2,5 YR 3/6	Manchada a Pontilhada	qz; il; mg; nfi; nmi	eaa; saa; eba	pd; pi; pap; c; hcd; hci; qci
<b>Seção HS11</b>								
14Cb	porfiro-enáulica	com; comp cav	Maciça, Gra mic	2.5YR 6/8 2,5 YR 3/6	Manchada a Pontilhada	qz; il; mg;	eaa; saa; eba	pd; pi; hcd; hci
13Cb	quito-porfiro-enáulica	com; comp cav	Gra mic	2.5YR 6/8 2,5 YR 3/6	Manchada a Pontilhada	qz; il; mg; nfi; nmi	eaa; saa; eba	pd; pi; hcd; hci
8Cb	porfiro-enáulica	com; comp cav	Gra mic	2.5YR 6/8 2,5 YR 3/6	Manchada a Pontilhada	qz; il; mg; nfi; nmi	eaa; saa; eba	d; pi; hcd; hci

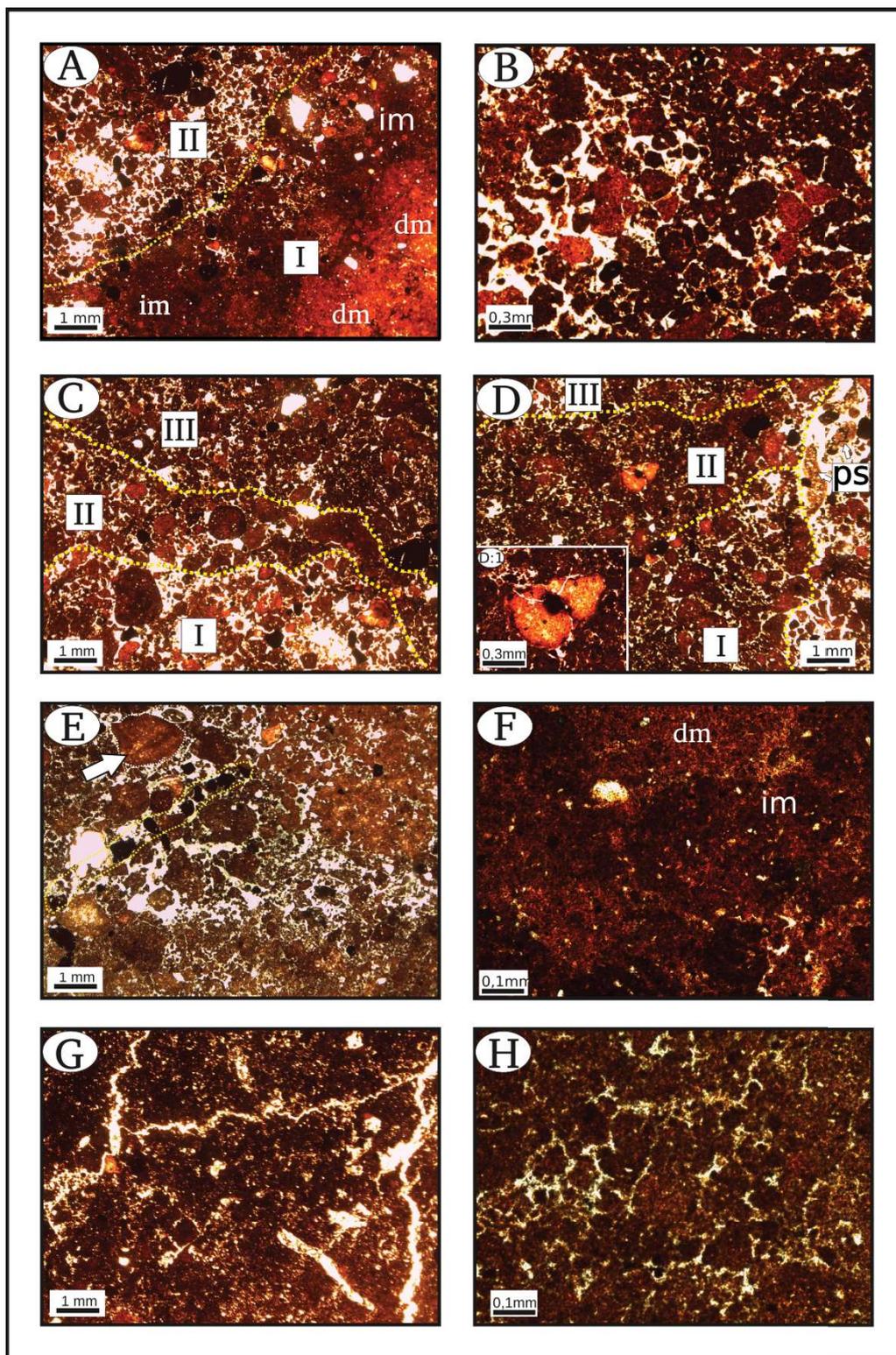


Figura 2 - Micrografias do horizonte CA e CAp da seção RI-1. DRC integrada contendo porfírica/microestrutura maciça (I), e enáulica/microestrutura granular/microagregado (II) (A); Agregados intrusivos no fundo matricial, exibindo diferentes colorações, tamanhos e morfologia (B); Microestrutura granular e microagregada com poros de empilhamento complexos (C); Microestrutura granular (I e III) e porfírica com cavidades (II), Poro canal com preenchimento solto (ps) e vista em detalhe de agregado fraturado (D e D:1); DRC porfírica, com agregado intrusivo (seta branca) e nódulos em lente individualizada (linha descontínua) (E); Microestrutura maciça com áreas de depleção (vermelho-claro) e impregnação mátrica (vermelho-escuro) (F); poros canais vinculados a atividade biológica, e poros cavitários decorrentes dos processos de circulação hídrica, horizonte CAp (G); Microestrutura maciça em detalhe (10x) resultante da coalescência de agregados pela compactação no horizonte CAp (H). I, II, III: laminações; Q: quartzo; im: impregnação mátrica; dm: depleção mátrica; ps: preenchimento solto.

A DRC porfírica é comum em laminações cuja porosidade é menos expressiva e denotam diferentes classes de microestrutura. Nas microlaminações em que os agregados não apresentam sinais de coalescência, identificou-se microestrutura maciça (Figura 2A, setor I; F). A microestrutura maciça pode refletir discretos movimentos de massa do tipo fluxo de lama (BERTRAN e TEXIER, 1999). Por outro lado, registra-se DRC porfírica com microestrutura granular/microagregada transitando para cavitária, resultante de coalescência de agregados (Figura 2G; H). Esse processo de coalescência é comum no horizonte CAp (seção RI-1) e está vinculado a compactação e fusão dos agregados (adensamento), o qual pode derivar do uso antrópico moderno, em que o peso decorrente da agricultura mecanizada promove sobrecarga sobre nos agregados, que associado a condições de saturação, promove a transformação de poros de empilhamento composto em cavitários e subsequente adensamento dos agregados (GUTIERREZ *et al.*, 2009; MARCELINO *et al.*, 2010).

No caso dos materiais da seção HS11, a DRC também é do tipo integrada, constituída pela predominância da distribuição enáulica, seguida por porfírica (Figura 3A, B e C). A microfábrica é composta principalmente por agregados intrusivos de constituição lamosa no tamanho areia grossa (Figura 3A- Setor II). Ocasionalmente, verifica-se microlaminações cuja DRC é enáulica fina, em que os agregados diferem-se por apresentarem tamanhos areia muito fina a areia fina (Figura 3A, setor I). No geral, os materiais não apresentam gradação, e estão dispersos no fundo matricial de forma aleatória, sugerindo que são formados por escoamento superficial com fluxo hiperconcentrado (BERTRAN e TEXIER, 1999). Os agregados apresentam microestrutura complexa, diversificado entre esféricos a subesféricos, arredondados a subarredondados ondulados (microagregados) e agregados esféricos arredondados a bem arredondados alisados (granulares), com tamanhos variando de 2 a 0.3mm, enquanto a coloração diferencia-se em vermelho-escuro a vermelho-claro (Figura 3B, D, E, F).

Assim como observado nos sedimentos da seção RI-1, a diferença de coloração entre os agregados expressa áreas fontes distintas, mas, em oposição aos materiais descritos anteriormente, os agregados são predominantemente subangulares e aqueles com tamanho próximo a 2 mm são mais abundantes. Dessa forma, acredita-se que os materiais da seção HS11 foram transportados por menores distâncias ou com menor descarga, visto que os agregados sofreram pouca abrasão durante o transporte, e não foram totalmente

fragmentados em agregados menores (WANG *et al.* 2013; 2017; HAO *et al.*, 2019).

Em síntese, a DRC dos sedimentos de colmatção das paleovoçorocas é do tipo integrada, em que ocorrem sequências de laminações com predomínio da fração grossa em conjunto com agregados (enáulica), equivalentes às fácies arenosas descritas macroscopicamente, intercaladas por laminações maciças constituídas essencialmente por micromassa (porfírica) que corresponde às fácies lamosas, e pontualmente constituídas por grãos de quartzo nos tamanhos silte grosso a areia muito fina (enáulica-fina). A DRC integrada tem sido reconhecida em sedimentos laminados oriundos de escoamento superficial em ambiente de encostas e reflete tanto as diferentes concentrações da fração sólida no escoamento quanto as variações reológicas durante o processo sedimentar (COUSSOUT e MEUNIER, 1996; BERTRAN e TEXIER, 1999; ARAUJO *et al.*, 2017).

Nos casos estudados, entende-se que a DRC integrada e as diferenças de classes de microestrutura também resultam da dinâmica do escoamento superficial em condições parciais ou totais de canalização. Esse escoamento pode ser interpretado como um fenômeno que se inicia no ambiente de encosta como fluxo laminar, e que passa a ser canalizado em sua totalidade, gerando agregados pedogênicos esféricos em função da abrasão mecânica durante o transporte (WANG *et al.*, 2012; 2013; 2017). Parte dos agregados não sofreram abrasão no transporte, preservando a estrutura original da área fonte, principalmente aqueles maiores (HAO *et al.* 2019). Novos fluxos promoveram a mistura de agregados, evidenciado pela associação de diferentes materiais em microlaminações.

#### 4.2 Porosidade, Micromassa e Fração Grossa

A porosidade é abundante nos sedimentos de ambas as seções estratigráficas, com exceção do topo do Horizonte CAp da seção RI-1. A disposição dos agregados no fundo matricial é o elemento que define a tipologia dos poros, e, portanto, constitui em poros texturais (STOOPS, 2003). Nos setores cuja DRC é enáulica, predominam poros dos tipos empilhamento composto e empilhamento complexo, e são entendidos como resultante da acomodação dos agregados no processo deposicional. Já em relação aos poros canais (Figura 2D), eles ocorrem com menor frequência e foram pouco efetivos em desfazer microestrutura sedimentar, o que sugere que a atividade biológica não foi expressiva após o término da deposição. De

fato, as descrições macromorfológicas apontam que a pedogênese não atuou o suficiente para transformar as macroestruturas, preservando estratificações e laminações. Portanto, entende-se que a pedogênese instalada ainda não foi suficientemente intensa para reorganizar os elementos da fábrica, preservando assim microfieções que remetem ao processo de sedimentação.

As laminações em que a DRC é do tipo porfírica, ocorrem poros estruturais, que apresentam conotações genéticas específicas (STOOPS, 2003). Nos locais onde a microestrutura varia de granular a microagregada, ocorrem principalmente poros cavitários. Essa categoria de poros podem ser resultantes tanto da união de agregados, quanto da ruptura da microestrutura pré-existente, ou, então, dissolução de seus componentes (STOOPS, 2003). Nas microlaminações, cuja micromassa não apresenta sinais de coalescência de agregados, os poros cavitários são decorrentes do processo de dismantelamento de agregados pela circulação de água durante a deposição dos sedimentos

(PAISANI e PONTELLI, 2012) (Figura 2A, E, G, H).

Já no caso dos poros de empilhamento composto e complexo, eles expressam a acomodação de agregados formados na área fonte e que preservam sua morfologia durante a deposição (STOOPS, 2003). Agregados originários pela pedogênese na área fonte podem ser transportados pelo escoamento superficial e se depositarem ao longo das encostas ou em incisões erosivas (SELBY, 1982), como é o caso da área de estudo.

A respeito da micromassa, essa apresenta coloração vermelho-escuro a bruno-escuro, sugerindo que a matriz é constituída por oxihidróxidos de ferro e/ou manganês, além de matéria orgânica amorfa. Localmente a micromassa ocorre sob a forma de preenchimento denso em poros canais (Figura 2D). São individualizadas birrefringência da fábrica dos tipos manchada a pontilhada (Figura 2A, E-H; Figura 3A), as quais decorrem dos processos de depleção e impregnação por oxihidróxidos de Fe/Mn (PAISANI e PONTELLI, 2012).

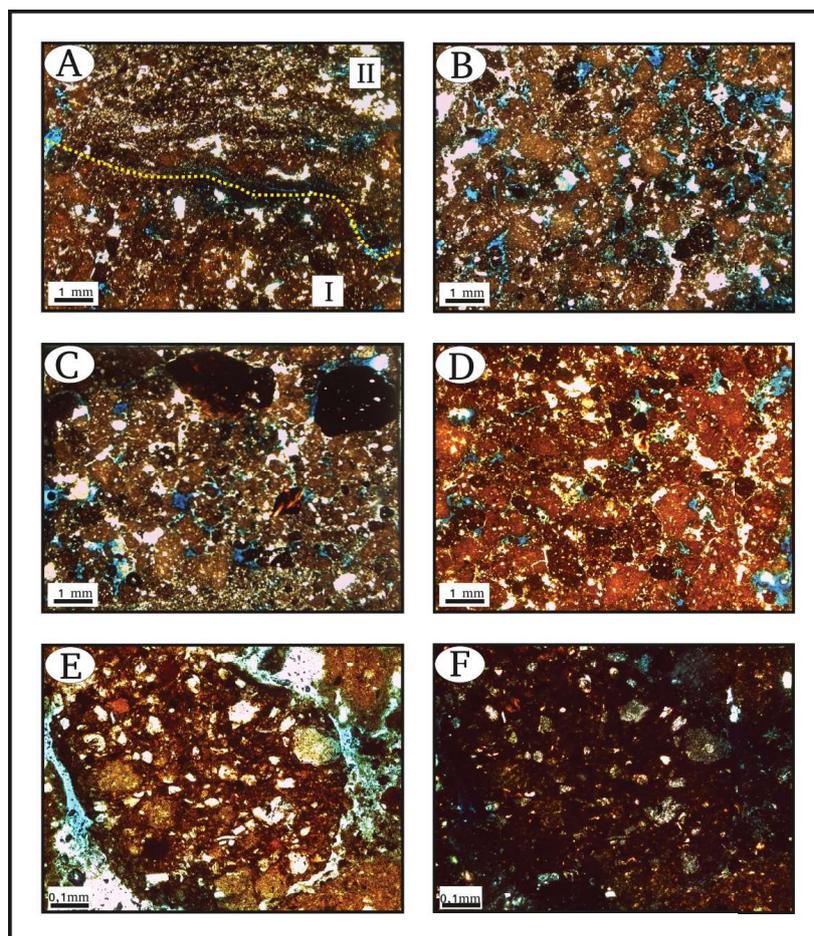


Figura 3 - Imagens micrográficas dos horizontes pedoestratigráficos 14Cb, 13Cb e 8Cb na seção HS11. Contato entre setores enáulica (I) e enáulica-fina (II) (A); Agregados pedogênicos, com microestrutura variando de granular a microagregados, horizonte 8Cb (B); Agregados e Nódulos litomórficos intrusivos de forte impregnação (C); Agregados pedogênicos com coloração bruno-avermelhado e vermelho, horizonte 13Cb (D). Detalhe de agregado pedogênico sob luz natural polarizada (E) e nicóis cruzados (F).

Com relação a fração grossa, essa é constituída majoritariamente por minerais primários (quartzo, ilmenita/magnetita) e nódulos litomórficos. Os nódulos são herdados do material fonte (litorrelíquias) e ocorrem como feições intrusivas no fundo matricial. Tratam-se de feições alóctones, e portanto são classificadas como anórticas (Figura 2A, B, C, D, F; Figura 3A-D). Nódulos litomórficos disposto em lentes individuais são pouco frequentes (Figura 3C), geralmente estão misturados com agregados (Figura 2A, B, C). Essa categoria de nódulos também ocorre de forma intrusiva. Nesse contexto sua individualização é facilmente diferenciada no fundo matricial em decorrência de limites nítidos em relação as demais pedofeições, além de apresentarem suas propriedades contrastantes, como cor, tamanho e mineralogia, que se diferem dos demais elementos no fundo matricial (MÜCHER e COVENTRY, 1993; LINDBO *et al.*, 2010).

Os minerais primários geralmente são subangulosos a angulosos, e ocorrem nos tamanhos areia muito fina a areia média, enquanto os nódulos são subarredados, com baixo a moderado grau de esfericidade, e tamanhos fração areia fina a areia muito grossa. No caso dos nódulos, são diferenciados típicos a nucleicos, de moderada a forte impregnação, cuja morfologia varia de tabular, cilíndrico, lenticular, globular e blocos, com tamanhos variando de 0,5 a 3 mm (Figura 3A e Figura 4C).

#### 4.3 Demais pedofeições

Dentre as pedofeições identificadas para os sedimentos de colmatação das paleovoçorocas, são diferenciadas revestimentos, hiporevestimento e quasirevestimento tanto de depleção quanto de impregnação, além de feições de preenchimento solto constituído de fração fina (Figura 4 e 5). Tais pedofeições ocorrem associadas a agregados ou fração grossa, e sua gênese são associadas a diferentes processos de oxirredução (SCHAETZL e ANDERSON, 2005; LINDBO *et al.*, 2010), que podem ocorrer tanto durante o trânsito dos materiais na encosta quanto a processos pós-deposicionais (PAISANI e PONTELLI, 2012).

Nos sedimentos da seção RI-1, são encontrados revestimentos de depleção de grão (Figura 4 A e B). Essas pedofeições se formam sob condições redoximórficas ativas (TUCKER *et al.*, 1993), em que a água interage com  $Fe^{+2}$  difundido na micromassa, tornando-o solúvel quando saturado, favorecendo sua mobilidade e oxidando quando o ambiente não esteja saturado

em água (SCHAETZL e ANDERSON, 2005). Esse processo pode ocorrer logo após o término dos fluxos que transportam os sedimentos ou em eventos pluviométricos posteriores (PAISANI e PONTELLI, 2012).

Feições de depleção e impregnação associadas a poros cavitários e planares, como hiporevestimentos e quasirevestimentos, são comuns nas laminações porfírica e enáulica, principalmente nos materiais da seção RI-1 (Figura 4C e D; Figura 5A, C e D). Tais feições sugerem que com o término da sedimentação e infiltração d'água, ocorreu o processo de dessecação, em que o fundo matricial rico em ferro e manganês passou por ciclos de migração de ferro e desagregação. A desagregação gerou poros planares, enquanto a migração de sesquióxidos originou tanto poros cavitários quanto feições micro-morfológicas de perda e acumulação relativa de ferro. Como as feições de acumulação e perda ocorrem tanto nos poros planares quanto cavitários, os fenômenos de desagregação e migração podem ser vistos como concomitantes (PAISANI e PONTELLI, 2012).

Ocasionalmente são identificados compostos de depleção e impregnação (Figura 4E, F). Tais pedofeições representam associação de duas ou mais pedofeições (STOOPS, 2003). Nos casos estudados, verifica-se a ocorrência conjunta de quasirevestimento de depleção e impregnação. Quasirevestimento de impregnação não apresentam relação com a migração de sesquióxidos, sugerindo que esse processo ocorreu na área fonte e se trata de uma feição herdada. Já os quasirevestimento de depleção estes estariam associados a abertura dos poros, sejam por processos sindeposicionais ou pós-deposicionais. Nota-se, portanto, que se tratam de pedofeições com gerações distintas, que ocorrem superimpostas (STOOPS, 2003).

Eventualmente são encontrados nódulos pedomórficos como pedofeições intrusivas. Tais nódulos são herdados, e indicam que a mobilização de oxihidróxidos de ferro também ocorriam na área fonte (LIMA *et al.*, 2017). Feições de preenchimento límpido vinculados a dispersão de argila em função da lixiviação de Fe e Mn da micromassa são pouco frequentes e ocorrem preenchendo poros (Figura 4C, F; Figura 5A, C, D). Essas pedofeições são importantes, pois revelam a mobilização de ferro ou manganês sob condições nas quais os fluxos apresentavam quantidade de água suficiente para promover a liquefação da fração fina (ARAUJO *et al.* 2013).

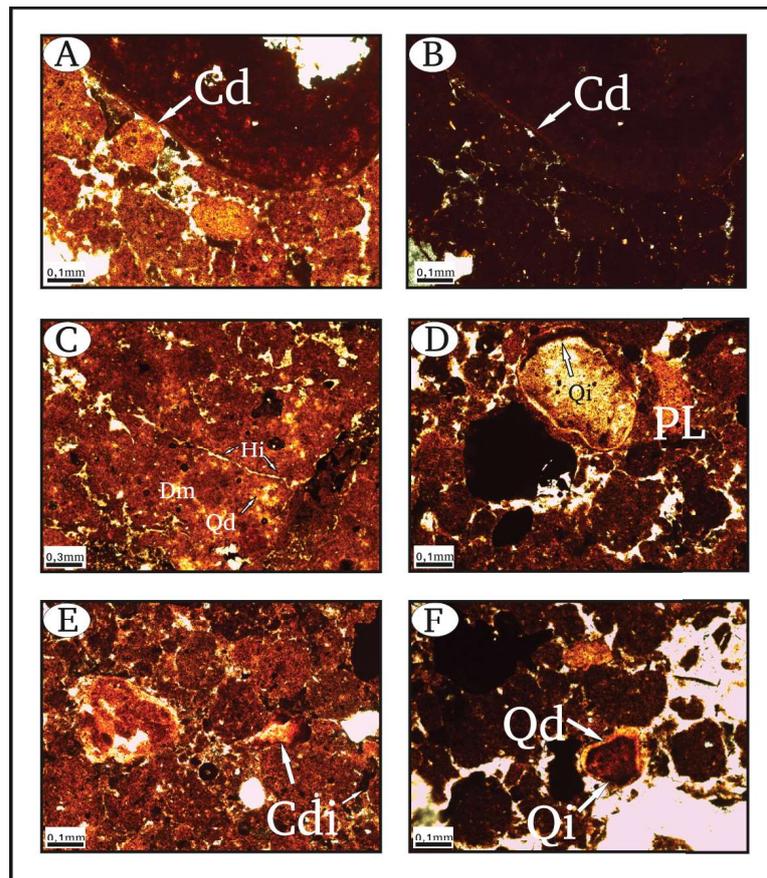


Figura 4 - Imagens micrográficas do nível pedostratigráfico CA. Revestimento de depleção de grão - (Cd) sob luz polarizada (A) e nicóis cruzados (B); hiporevestimento (Hi) e quasirevestimento (Qi) de depleção e impregnação mátrica vinculada a formação de poros cavitários (C); quasirevestimento (Qi) e preenchimento limpo (PL) (D); Complexos de depleção e impregnação (Cdi) em microestrutura maciça/cavitária (E); Complexos de depleção e impregnação, contendo hiporevestimento (Hi) e quasirevestimento (Qi) superimpostos (F).

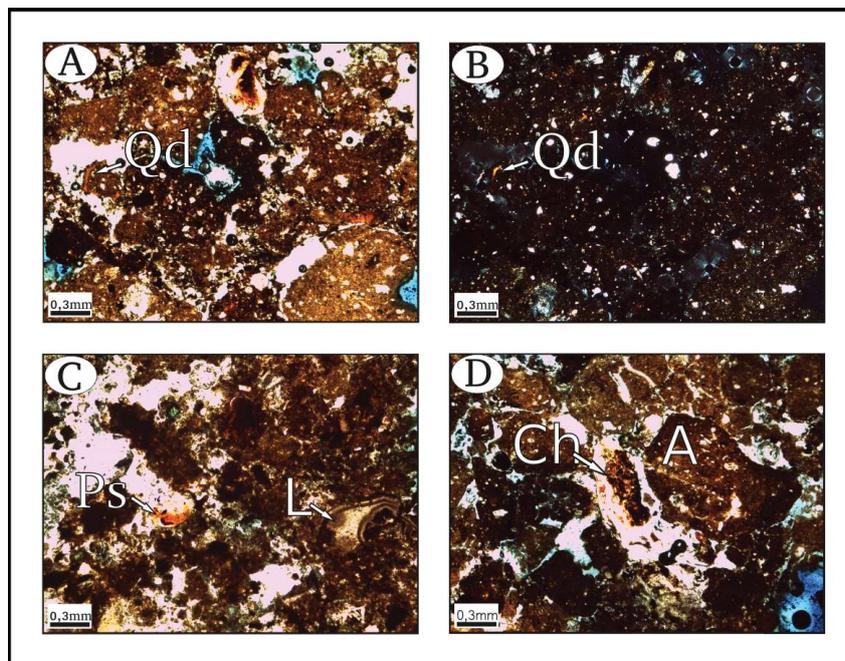


Figura 5 - Imagens micrográficas da seção HS11. Quasirevestimento de depleção sob luz natural polarizada (A) e nicóis cruzados (B). Preenchimento solto (Ps) e Litorrelíquias (L) (C); Preenchimento em poro canal (Ch) e agregado intrusivo (A) (D).

## 5. Conclusões

As propriedades micromorfológicas dos depósitos de colúvio-alúvio que colmataram paleovoçorocas descritas nesse trabalho refletem características do material fonte, processos sedimentares e transformações pós-deposicionais. A distribuição relativa dos constituintes integrada reflete a ocorrência de fluxos com maior ou menor relação entre concentração de sedimentos e água. Em decorrência dessa variabilidade e dos mecanismos de transporte ao longo das encostas fontes os sedimentos, registram-se microestruturas granular e microagregada em fácies arenosas, e microestruturas maciça e cavitária vinculadas às fácies lamosas. A microestrutura granular e microagregada são constituídas de agregados de solo gerados na área fonte dos sedimentos colúvio-aluviais (pedorreliíquias). Os agregados granulares são esféricos, possivelmente em função da abrasão mecânica durante transporte por escoamento superficial canalizado tanto em sulcos na encosta quanto nas paleovoçorocas. Já os microagregados são angulares a sub-angulares, e representam o desprendimento direto do solo na área fonte, eventualmente a curtas distâncias das cabeceiras que continham as paleovoçorocas. As microestruturas maciça e cavitária expressam fluxos viscosos de lama vinculados a sutis movimentos de massa.

A fração grossa dos sedimentos de colmatção de ambas às voçorocas é constituída por minerais primários, sendo o quartzo como predominante, seguidos por minerais opacos (ilmenita/magnetita), além de nódulos litomórficos e pedomórficos de moderada a forte impregnação. Essas feições indicam que a área fonte passou por elevado estágio de intemperismo, em que os demais minerais mais susceptíveis foram completamente intemperizados.

Revestimentos, hiporevestimento e quasirevestimento tanto de depleção quanto de impregnação, além de feições de preenchimento solto constituído de fração fina, compõem o fundo matricial de ambas as microestruturas. A micromassa tem birrefringência manchada a pontilhada, cujo conjunto com as demais microfeições de depleção e impregnação incidam migração de ferro e manganês em decorrência da circulação da água nos processos sindeposicionais e pós-deposicionais.

A baixa quantidade de poros canais, associado à pedacidade pouco desenvolvida sinaliza que os sedimentos que colmataram as paleovoçorocas estudadas foram pouco afetados por transformações pós-deposicionais, não sendo suficiente para reorganizar os materiais pela

pedogênese.

Em síntese, a análise micromorfológica dos materiais revelou os processos de colmatção das paleovoçorocas da superfície de Pinhão/Guarapuava e Palmas/ Caçador. As fácies arenosas são ricas em agregados com microestruturas granulares e microagregadas que foram depositadas pelo escoamento superficial tanto laminar quanto canalizado. As facies lamosas tem microestruturas maciça e cavitária, cujos sedimentos foram gerados por discretos fluxos de lama, ambos os fenômenos atuando na área de estudo principalmente durante o Holoceno Superior.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M. O Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 24, pg. 3-34, 1956.
- ARAUJO, A. G. M.; STRAUSS, A. M.; FEATHERS, J. K.; PAISANI, J. C.; SCHRAGE, T. J. Paleoindian Open-Air Sites in Tropical Settings: A Case Study in Formation Processes, Dating Methods, and Paleoenvironmental Models in Central Brazil. **Geoarchaeology**, v. 28, n. 3, pg. 195–220, 2013. Doi: 10.1002/gea.21442.
- ARAUJO, A. G. M.; PAISANI, J. C.; SCHRAGE, T. J.; FEATHERS, J. K.; HARTMANN, G. A.; RICCI, O. The “Lagoa do Camargo 1” Paleoindian site: some implications for tropical geomorphology, pedology, and paleoenvironments in southeastern Brazil. **Geoarchaeology**, v. 32, nº 6, pg. 1-16, 2017. Doi: 10.1002/gea.21628
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Camará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.203, pg. 277-297, 2004. Doi: 10.1016/S0031-0182(03)00687-4
- BERTRAN, P.; HÉTU, C.; TEXIER, J-P.; STEIJN, H.B. Fabric characteristics of subaerial slope deposits. **Sedimentology**, v. 44, pg. 1-16, 1997. Doi: 10.1111/j.1365-3091.1997.tb00421.x
- BERTRAN, P.; TEXIER, J-P. Facies and microfacies of slope deposits. **Catena**, v. 35, n. 2-4, pg. 99–121, 1999. Doi: 10.1016/S0341-8162(98)00096-4
- BIFFI, V. H. R. **Evolução de encosta em contexto de paleocabeceira de drenagem da Bacia do Rio Capão Grande no Quaternário Tardio - Superfície de Pinhão/Guarapuava.**

- Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão. 2017. 193 pg.
- BIFFI, V. H. R.; PAISANI, J. C. Superfícies de cimeira do Planalto das Araucárias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, nº3, pg. 465-481, 2018. Doi: 10.20502/rbg.v19i3.1336
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, B.; DOS SANTOS, G. F. **A origem das paisagens tropicais e subtropicais – Vol. 3**. Florianópolis: Edusfsc. 2ª ed, 2007, 427pg.
- BOTHA, G. A.; FEDOROFF, N. Palaeosols in Late Quaternary colluvium, northern KwaZulu-Natal, South Africa. **Journal of African Earth Sciences**, V. 21, N. 2, pg. 291-311, 1995. Doi: 10.1016/0899-5362(95)00072-2
- BOUABID, R.; NATER, E. A.; BARAK, P. Measurement of pore size distribution in a lamellar Bt horizon using epifluorescence microscopy and image analysis. **Geoderma**, v. 53, n. 3-4, pg. 309-328, 1992. Doi: 10.1016/0016-7061(92)90061-B
- BREWER, R.; SLEEMAN, JR. Soil structure and fabric. Their definition and description. **European Journal of Soil Science**, v. 11, n. 1 pg. 172-85, 1960. Doi: 10.1111/j.1365-2389.1960.tb02213.x
- CAMARGO FILHO, M. **O significado paleoambiental de seqüência pedosedimentar em baixa-encosta: o caso dos paleossolo Monjolo, Lapa, PR**. Tese (Doutorado em geografia), Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005. 325 pg.
- CASTRO, S. S. **Micromorfologia de solos: bases para descrição de lâminas delgadas**. Campinas/Goiânia: UNICAMP/UFMG, 2ª ed, 2008. 54pg.
- CATT, J. A. Paleopedology Manual. **Quaternary International**. V. 6, p.2-95, 1990. Doi: 10.1016/1040-6182(90)90003-M
- CREMEENS, D. L.; LOTHROP, J. C. (2001). Geomorphology of upland regolith in the Unglaciaded Appalachian Plateau: implications for prehistoric archaeology. In: SULLIVAN, L.; PREZZANO, S. (Org.). **Archaeology of the Appalachian Highlands**. University of Tennessee Press, Knoxville, pg. 31-48
- COUSSOT, P.; MEUNIER, M. Recognition, classification, and mechanical description of debris flow. **Earth-Science Reviews**, v. 40, pg. 209-227, 1996. Doi: 10.1016/0012-8252(95)00065-8
- FEDOROFF, N.; COURTY, M.-A.; GUO, Z. (2010). Palaeosols and Relict Soils. IN: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (org.) **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. Elsevier, Amsterdam, pg. 626-662. Doi: 10.1016/B978-0-444-53156-8.00027-1
- FERREIRA, G. M. S. S.; OLIVEIRA, M. A. T. Aplicação da Micromorfologia de Solos ao Estudo de Sedimentos Alúvio-Colúviais em Cabeceiras de Vale. **Pesquisas em Geociências**, v. 33, n. 2, pg. 3-18, 2011. Doi: 10.22456/1807-9806.19509
- FODOR, R.V.; MCKEE, E.H.; ROISENBERG, A. Age distribution of Serra Geral (Paraná) flood basalts, Southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.2, n. 4. pg. 343-349, 1989. Doi: 10.1007/BF00429427
- GUTIERREZ, N. H. M.; NÓBREGA, M. T. D.; VILAR, O. M. Influence of the microstructure in the collapse of a residual clayey tropical soil. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 68, pg. 107-116, 2009. Doi: 10.1007/s10064-008-0180-z
- HAO, H-X.; WANG, J-G; GUO, J-L; HUA, L. Water erosion processes and dynamic changes of sediment size distribution under the combined effects of rainfall and overland flow. **Catena**, v. 173, pg. 494-504. Doi: 10.1016/j.catena.2018.10.029
- HUGHES, P.D. Geomorphology and Quaternary stratigraphy: role of morpho-, litho-, and allostratigraphy. **Geomorphology**, v. 123, n. 3-4, pg. 189-199, 2010. Doi:10.1016/j.geomorph.2010.07.025
- LIMA, F. J. D.; PAISANI, J. C.; CORRÊA, A. C. D. B.; PONTELLI, M. E. Micromorfologia de colúvios em sequencias pedostratigráfica e litoestratigráfica – o caso das Superfícies de Palmas/Água doce (Sul) e Planalto Sedimentar do Araripe (Nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 18, n. 2, pg. 329-348, 2017. Doi: 10.20502/rbg.v18i2.983
- LINDBO, D. L.; STOLT, M. H.; VEPRASKAS, M. J. (2010). Redoximorphic Features. IN: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (org.). **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. Elsevier, Amsterdam, pg. 129-147. Doi: 10.1016/B978-0-444-53156-8.00008-8
- MARCELINO, V.; STOOPS, G.; SCHAEFER, C. E. G. R. (2010). Oxic and Related Materials. In: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (org.). **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. Elsevier, Amsterdam, pg. 305-327. Doi: 10.1016/B978-0-444-53156-8.00014-3
- MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F.; PESSENDA, L. C. R.; NETO, M. B. Holocene paleoclimatic reconstruction based on the Lagoa Dourada deposits, southern Brazil. **Geologica Acta**, vol.1, n. 3, pg. 289-302, 2003. Doi: 10.1344/105.000001616
- MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S.A. **O Grupo Serra Geral no Estado do Paraná - Mapeamento Geológico das cartas 1:250.000 de Guaíra, Cascavel, Campo Mourão, Foz do Iguaçu, Guaraniaçu, Guarapuava, Pato Branco e Clevelândia**. Curitiba: volume 1 - Texto, 2013. 456 pg.

- MÜCHER, H. J.; MOROZOVA, T. D. The application of soil micromorphology in quaternary geology and geomorphology. In: Bullock, P. & Murphy, C. P. (org.) **Soil micromorphology: techniques and applications**. Rothamsted: A B Academic Publishers, 1983, Pg. 151-194.
- MÜCHER, H.; COVENTRY, R. J. Soil and landscape processes evident in a hydromorphic grey earth (Plinthusalf) in semiarid tropical Australia. **Developments in Soil Science**. V.22, pg. 221–231, 1993. Doi: 10.1016/S0166-2481(08)70411-2
- MÜCHER, H.; STEIJN, H. V.; KWAAD, F. (2010). Colluvial and Mass Wasting Deposits. In: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (org.) **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. Elsevier, Amsterdam. pg. 37-48. Doi: 10.1016/B978-0-444-53156-8.00003-9
- NARDY, A. J. R.; OLIVEIRA, M. A. F.; BETANCOURT, R. H. S.; VERDUGO, D.R.H.; MACHADO, F. B. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**, v.21, n.1-2, pg. 15-32, 2002.
- OLIVEIRA, M. A. T.; CAMARGO, G.; PAISANI, J. C.; CAMARGO FILHO, M. Caracterização paleohidrológica de estruturas sedimentares Quaternárias através de análises macroscópicas e microscópicas: do registro sedimentar local aos indícios de mudanças globais. **Pesquisas em Geociências**, v. 28, pg. 183-195, 2001. Doi: 10.22456/1807-9806.20293
- OLIVEIRA, M. A. T.; BEHLING, H.; PESSENDA, L. C. R.; LIMA, G. L. Stratigraphy of near-valley head quaternary deposits and evidence of climate-driven slope-channel processes in southern Brazilian highlands. **Catena**, v.75, pg. 77–92, 2008. Doi: 10.1016/j.catena.2008.04.003
- PAGOTTO, D. **Pedogênese e Morfogênese em cabeceira de drenagem no Planalto de Canoas (SC) no Quaternário Tardio**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2018. 131pg.
- PAISANI, J. C.; GEREMIA, F. Evolução de encostas no planalto basáltico com base na análise de depósitos de colúvio - médio vale do rio Marrecas, SW do Paraná. **Geociências**, v. 29, n. 3, p. 321-334, 2010.
- PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no planalto basáltico da bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências**, v. 27, n.4, pg. 541–553, 2008.
- PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E. Propriedades micromorfológicas de colúvios em encosta no médio vale do Rio Marrecas (SW PR) – bases para distinção de formações superficiais alóctones e autóctones em substrato basáltico. **Pesquisas em Geociências**, v.39, n. 1, pg. 53-62, 2012. Doi: 10.22456/1807-9806.35814
- PAISANI, J. C.; PONTELLI, M.; CORRÊA, A. C. D. B.; RODRIGUES, R. A. R. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols – A basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **Journal of South American Earth Sciences**, V. 48, pg. 1-12, 2013. Doi: 10.1016/j.jsames.2013.07.011
- PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; OSTERRIETH, M. L.; PAISANI, S. D. L.; FACHIN, A.; GUERRA, S.; OLIVEIRA, L. Paleosols in low-order streams and valley heads in the Araucaria Plateau - Record of continental environmental conditions in Southern Brazil at the end of MIS 3. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 54, pg. 57–70, 2014. Doi: 10.1016/j.jsames.2014.04.005
- PAISANI, J. C.; FACHIN, A.; PONTELLI, M. E.; OSTERRIETH, M. L.; LOPES-PAISANI, S. D.; FUJITA, R. H. Evolução de paleocabeceira de drenagem do rio Chopinzinho (sul do Brasil) durante o Quaternário Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n.1 pg. 43-59, 2016. Doi: 10.20502/rbg.v17i1.735
- PAISANI, J. C.; LOPES-PAISANI, S. D.; OSTERRIETH, M. L.; PONTELLI, M. E.; FUJITA, R. Dinâmica de rampa de colúvio na Superfície de Palmas/Água Doce durante o Quaternário Tardio – bases para compreender a evolução das encostas no Planalto das Araucárias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.18, n.4, pg. 783-799, 2017. Doi: 10.20502/rbg.v18i4.1247
- PAISANI, J. C.; SANTOS, L. J. C.; GOUDARD, G.; GOULART, A. Á.; BIFFI, V. H. R. (2019a). Subtropical Araucaria Plateaus. In: SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.; PAISANI, J. C. P. (org.). **The Physical Geography of Brazil: Environment, Vegetation and Landscape**. Springer International Publishing. Pg. 21-39 Doi: 10.1007/978-3-030-04333-9
- PAISANI, J. C.; LOPES-PAISANI, S. D.; LIMA, S.; RIBEIRO, F. D. J.; PONTELLI, M. E.; FUJITA, R. H. Paleoenvironmental dynamics of low-order paleovalleys in the Late Quaternary – Palmas/Caçador Summit Surface – Southern Brazil. **Catena**, v. 182, pg. 104171, 2019b, DOI: 10.1016/j.catena.2019.104171
- PASSOS, J. R.; CAMARGO FILHO, M. Identificação de Linha de Pedra em Guarapuava – PR. **Terra Plural**, v.9, n.1, pg. 102-118, 2015.
- PEREIRA, J. S. **Pedogênese e morfogênese na superfície de São José dos Ausentes (RS) no Quaternário Rardio:**

- evidências em paleofundo de vale na bacia hidrográfica do rio dos Touros.** Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão. 2017. 135 f.
- RUST, B. R.; NANSON, G. C. Bedload transport of mud as pedogenic aggregates in modern and ancient rivers. **Sedimentology**, v. 36, pg. 291-306, 1989. Doi: 10.1111/j.1365-3091.1989.tb00608.x
- SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; BRISK, S. J.; SILVA, J. M. F. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná.** 1ª ed. Curitiba/PR: Imprensa oficial, 2006, 59pg.
- SCHAETZL, R. J.; ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology.** Cambridge University Press, Cambridge, UK, 833p. 2005.
- SELBY, M. J. Hillslope materials & process. Oxford: Oxford University Press, 1982, 264p
- SELBY, M. J. **Earth's changing surface: an introduction to geomorphology.** New York: Oxford University Press, 1985.
- SCHENATO, F.; FORMOSO, M.L.L.; MEUNIER, A.; PROUST, D.; MAS, A. Alteration processes of a thick basaltic lava flow of the Paraná Basin (Brazil): petrographic and mineralogical studies. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 16, n. 5, p. 423-444, 2003. Doi: 10.1016/S0895-9811(03)00098-1
- STOOPS, G. **Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections.** Madison, Soil Science Society of America, 2003. 184. Doi:10.2136/2003.guidelinesforanalysis.frontmatter
- STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (2010). Micromorphological Features and Their Relation to Processes and Classification: General Guidelines and Keys. In: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (org.) **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths.** Elsevier, Amsterdam, pg. 15-35. Doi: 10.1016/B978-0-444-53156-8.00003-2
- THOMAS, M. F. **Geomorphology in the Tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes.** John Wiley & Sons, University of Stirling, 1994, 460p.
- TUCKER, R. J.; DREES, L. R.; WILDING, L. P. Signposts old and new; active and inactive redoximorphic features; and seasonal wetness in two Alfisols of the gulf coast region of Texas, U.S.A. **Developments in Soil Science**, v. 22, pg. 149-159, 1993. Doi: 10.1016/S0166-2481(08)70405-7
- VOLKMER, S. **Mineralogia e morfologia de coberturas de alteração desenvolvidas em rochas vulcânicas ácidas: os exemplos de Palmas e Pinhão, PR.** Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999. 184 pg. Doi:10.11606/T.44.1999.tde-27112015-112811
- WANG, J-G.; LI, Z.; CAI, C.; YANG, W. Effects of transport distance and flow discharge of overland flow on destruction of Ultisol aggregates. **Particuology**, v. 10, n. 5, pg. 607-613. Doi: 10.1016/j.partic.2011.06.013
- WANG, J-G.; LI, Z-X.; CAI, C-F.; YANG, W.; MA, R-M.; ZHANG, G-B. Effects of stability, transport distance and two hydraulic parameters on aggregate abrasion of Ultisols in overland flow. **Soil and Tillage Research**, v. 126, pg. 134-142. Doi: 10.1016/j.still.2012.09.005
- WANG, J-G.; YU, B.; YANG, W.; CHENG, J-N.; SONG, Y-R.; CAI, C-F. The abrasion of soil aggregate under different artificial rough beds in Overland flow. **Catena**, v. 155; pg. 183-190, 2017. Doi: 10.1016/j.catena.2017.03.016