

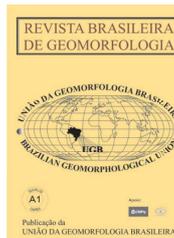


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 4 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1247>



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

DYNAMICS OF COLLUVIUM RAMP ON THE SURFACE OF PALMAS/ÁGUA DOCE DURING THE LATE QUATERNARY - BASES TO UNDERSTAND THE EVOLUTION SLOPES IN THE ARAUCARIAS PLATEAU

Julio Cesar Paisani

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Rua Maringá 1.200, Francisco Beltrão, Paraná. CEP 85.605.010. Brasil
Email: juliopaisani@hotmail.com*

Sani Daniela Lopes Paisani

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Rua Maringá 1.200, Francisco Beltrão, Paraná. CEP 85.605.010. Brasil
Email: sanidaniela@hotmail.com*

Margarita Luisa Osterrieth

*Instituto de Geologia de Costas y del Cuaternario, Universidad Nacional de Mar del Plata
C. C. 722. Funes 3350, Mar del Plata, Cx Postal 772. CEP: 7600. Argentina
Email: mosterri@hotmail.com*

Marga Eliz Pontelli

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Rua Maringá 1.200, Francisco Beltrão, Paraná. CEP 85.605.010. Brasil
Email: mepontelli@hotmail.com*

Rafaela Harumi Fujita

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Rua Maringá 1.200, Francisco Beltrão, Paraná. CEP 85.605.010. Brasil
Email: rfharumi@yahoo.com.br*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
25/03/2017
Aceito (Accepted):
31/07/2017

Palavras-chave:

Encosta; Paleofundo de Vale;
Fitólito; Isótopo do Carbono.

Resumo:

O termo *rampa de colúvio* consiste em unidade de relevo suavemente inclinada em direção ao fundo dos vales mantida por colúvios, por vezes recobrendo terraços aluviais e reentrâncias (hollows) ou depressões em anfiteatro. O presente trabalho visou determinar a dinâmica de rampa de colúvio da superfície de Palmas/Água Doce, ao longo do Quaternário Tardio, bem como tecer considerações a respeito do ambiente de encostas em superfícies de cimeira do Planalto das Araucárias, sul do Brasil. Aplicou-se a análise pedostratigráfica em duas seções representativas dos materiais de rampa de colúvio, bem como a geocronologia (métodos ¹⁴C e LOE)

Keywords:

Slope; Valley Paleobottom; Phytolith; Carbon Isotope.

e análises isotópica do carbono e fitolítica. A rampa de colúvio relevou registro pedostratigráfico caracterizado por camadas delgadas de colúvios (horizontes Cb), por vezes pedogenizadas (horizontes Ab, ACb, CAb, Bb e BCb), com importantes lacunas e truncamentos de níveis pedológicos superficiais (paleohorizontes A). Vales

de drenagem de baixa ordem vizinhos às encostas sofreram colmatação durante sucessivas fases de sedimentação. A morfogênese foi contínua no setor analisado do Último Interglacial (Estágio Isotópico Marinho 3 – EIM 3) ao Holoceno (EIM 1). Os sinais isotópicos e fitolíticos sugerem que a estabilidade ambiental favorecendo a pedogênese no Último Interstadial (EIM 3) e foi em detrimento de regime climático úmido e relativamente frio. Já a morfogênese registrada no Último Máximo Glacial (EIM 2) decorreu de regime climático relativamente frio e seco, pontuada por fase de flutuação para mais úmido. Enfim, para o Holoceno (EIM 1) o clima mostrou-se no geral mais quente e seco. Do ponto de vista regional, os resultados indicam que: a) as rampas de colúvio são unidades geomórficas de trânsito de sedimentos entre colinas e fundo de vale de baixa ordem nas superfícies de cimeira do Planalto das Araucárias; b) seus registros estratigráficos são delgados em face a recorrentes lacunas (descontinuidades); c) a intensa dinâmica erosiva nas rampas inibe o acúmulo de sedimentos, por outro lado possibilita a colmatação de fundos de vales de baixa ordem vizinhos, até completa homogeneização topográfica lateral; d) nesses fundos de vales estão os principais registros estratigráficos que documentam fases de pedogênese e morfogênese tanto no ambiente de encosta quanto no ambiente fluvial de baixa ordem vinculado a rampa; e) paleohorizontes A húmicos enterrados (Ab), vinculados a fase de pedogênese do Último Máximo Glacial, podem estar preservados em ambos os ambientes.

Abstract:

The term colluvium ramp consists of a gently sloping relief unit towards the bottom of the valleys maintained by colluvium, sometimes covering alluvial terraces and hollows or depressions in amphitheater. The present work aimed to determine the dynamics of the colluvium ramp of the Palmas / Água Doce surface along the Late Quaternary, as well as to make considerations about the slope environment on the summit surfaces of the Araucarias Plateau, southern Brazil. The pedostratigraphic analysis was applied in two representative sections of the colluvio ramp materials, as well as the geochronology (14C and LOE methods), carbon isotopic and phytolith analysis. The colluvium ramp revealed a pedostratigraphic record characterized by thin layers of colluvium (horizons Cb), sometimes pedogenized (horizons Ab, ACb, CAb, Bb and BCb), with important gaps and truncations of superficial pedological levels (paleohorizons A). Low-order drainage valleys bordering the slopes were clogged during successive stages of sedimentation. The morphogenesis was continuous in the analyzed section of the Last Interglacial (Marine Isotopic Stage 3 - MIS 3) to the Holocene (MIS 1). Isotopic and phytolithic signals suggest that environmental stability favoring pedogenesis in the Last Interstate (MIS 3) was detrimental to a relatively cold and humid climate regime. The morphogenesis recorded in the Late Glacial Maximum (MIS 2) was due to a relatively cold and dry climatic regime, marked by a fluctuation phase and a more humid one. Anyway, for the Holocene (MIS 1) the weather was generally warmer and drier. From a regional point of view, the results indicate that: a) colluvial ramps are geomorphic sediment transit units between hills and low valley bottom in the summit surfaces of the Araucaria Plateau; B) its stratigraphic records are thin in the face of recurrent gaps (discontinuities); C) the intense erosive dynamics on the ramps inhibits the accumulation of sediments, on the other hand it allows the closure of funds from neighboring low-order valleys until complete lateral topographic homogenization; D) in these valleys bottoms are the main stratigraphic records that document phases of pedogenesis and morphogenesis both in the slope environment and in the low order fluvial environment linked to ramp; E) paleohorizons humic A buried (Ab), linked to the phase of last glacial maximum pedogenesis, may be preserved in both environments.

1. Introdução

O termo *rampa de colúvio* foi sugerido por Bigarella e Mousinho (1965) para expressar topografia suavemente inclinada (glacis) em direção ao fundo dos vales. Essa morfologia seria mantida por colúvios e resultaria de sucessivas fases de remobilização de mate-

riais nas encostas e acumulação em seu sopé, por vezes recobrando terraços aluviais e reentrâncias (*hollows*) ou depressões de relevo em anfiteatro (IBGE, 2009).

A incorporação do termo *rampa de colúvio* em trabalhos subsequentes de Geomorfologia do Quaternário conduziu a reflexões a respeito de sua conceituação

(MOURA e SILVA, 2006). Delas se destaca o aspecto morfológico, em que se considera rampa de colúvio a morfologia que envolve o local de deposição de colúvios, bem como a respectiva área fonte (MEIS e MONTEIRO, 1979).

Rampas de colúvio são comuns na superfície de Palmas/Água Doce em torno de relevos residuais e encostas de fundos de vales de baixa ordem (< 4ª ordem). A dinâmica geomorfológica e paleoambiental dessa superfície vêm sendo levantada nos últimos dez anos, cujos principais eventos de pedogênese e morfogênese estão documentados em registros estratigráficos encontrados em fundos de vales de baixa ordem e cabeceiras de drenagem fossilizadas na paisagem, designados, respectivamente, de paleofundo de vales e paleocabeceiras de drenagem (PAISANI *et al.*, 2014). Por outro lado, não se sabe se a dinâmica das rampas de colúvio nessa superfície está em fase com os referidos eventos. Diante disso, este trabalho visou determinar a dinâmica de rampa de colúvio da superfície de Palmas/Água Doce, ao longo do Quaternário Tardio, bem como tecer considerações a respeito do ambiente de encostas em superfícies de cimeira do Planalto das Araucárias, sul do Brasil.

2. Área de Estudo

No contexto geomorfológico regional, a rampa de colúvio estudada insere-se na superfície de Palmas/Água Doce, uma das unidades de cimeira do Planalto das Araucárias (Figura 1A). Trata-se de superfície fortemente dissecada situada nos estados do Paraná e Santa Catarina, região sul do Brasil, entre 1.200 a 1.300 m de altitude (PAISANI *et al.*, 2008 – Figura 1A). A altitude lhe impõe regime climático, segundo classificação de Köppen, do tipo Cfa (MAACK, 1981), com precipitação média de 1.590 mm.ano⁻¹ bem distribuída e temperatura média anual de 15°C (média máxima = 26°C e média mínima = 4°C) (PAISANI *et al.*, 2016a).

A superfície de Palmas/Água Doce é mantida por riolitos e derrames hidrotermais derivados da Formação Serra Geral, Bacia do Paraná (CHMYZ, 2013; LIMA, 2013) (Figura 1). Seu relevo é marcado por mesetas (relevos residuais), colinas convexas (Figura 1B), e fundos de vales tanto abertos (forma U) quanto fechados (forma V). Considerando o aspecto morfográfico, bem como ausência de sedimentos típicos fácies fluviais, os fundos de vales abertos são vistos como pedimentos (BIGARELLA *et al.*, 1965), cuja drenagem

ocorre predominantemente em canais intermitentes em ambiente de brejo/várzea. Os fundos de vales fechados apresentam corredeiras, sucessivos *knickpoints* e canais perenes. As formações superficiais nos ambientes brejos são constituídas de solos hidromórficos, enquanto que as colinas convexas apresentam solos litólicos, ambas com horizonte A proeminente.

A rampa de colúvio estudada bordeja colina convexa que delimita a margem direita de canal de 4ª ordem (Classificação de Strahler) do sistema hidrográfico do rio Chopinzinho (Figura 1A,2A). Sua morfologia é perceptível em face a cobertura vegetal rasteira constituída principalmente de gramínea que recobre toda a colina (Figura 1A). Ela corresponde a vegetação natural de Campo (MAACK, 1948 e 1949), sistematicamente regenerada por queimadas e pastoreio. O pastoreio de gado ao longo da rampa de colúvio, bem como da colina convexa, é uma atividade extensiva contínua desde o início do século vinte.

Os materiais de encosta lateralmente estão justapostos (coalescem) com materiais de leque aluvial de canal de 1ª ordem desconectado da rede de drenagem que remonta a colina convexa (Figura 1A, 2A). O leque aluvial se desenvolveu sobre sedimentos coluviais na desembocadura do canal de 1ª ordem (Figura 2A), cuja morfologia convexa é pouco nítida em face da cobertura florestal moderna (FOM – Floresta Ombrófila Mista regenerada) (Figura 1A). Os materiais tanto do leque aluvial, quanto da rampa de colúvio, estão expostos em corte transversal de estrada rural (Figura 1B, C, D, 2A).

3. Materiais e Métodos

Os materiais da rampa de colúvio foram descritos por meio de duas seções estratigráficas estabelecidas perpendiculares a rampa em corte de estrada rural (Figura 1A). A primeira exemplifica fácies coluvial (seção Hs18), enquanto que a segunda é composta de fácies coluvial e aluvial (seção Hs12). Em ambos os registros foram encontrados sedimentos com diferentes graus de pedogênese, discordâncias verticais e descontinuidades laterais. Diante disso, foi aplicado em conjunto os critérios lito-, pedo-, alo- e cronoestratigráficos para individualizar as unidades estratigráficas (HUGHES, 2010). Na sequência aplicou-se descrições e nomenclatura pedoestratigráfica (CATT, 1990), igualmente ao que foi feito para outras seções estratigráficas descritas na área (PAISANI *et al.*, 2016a).

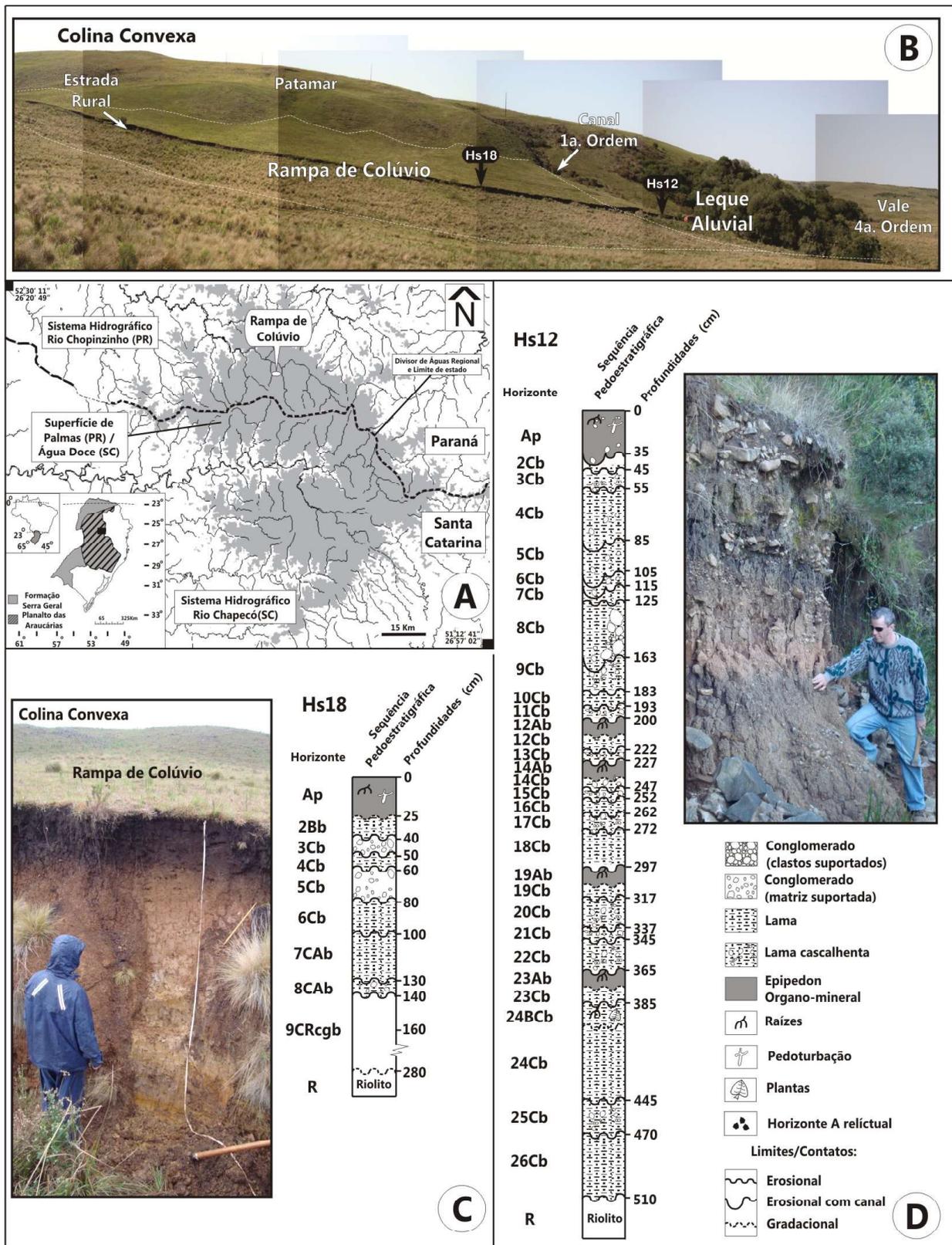


Figura 1 – Superfície de Palmas/Água Doce no contexto do Planalto das Araucárias (A). Foto da Rampa de Colúvio em vale de 4ª ordem hierárquica do sistema hidrográfico do rio Chopinzinho (B). Nota-se: a) contínuo topográfico lateral entre encosta e leque aluvial situado na desembocadura de canal de 1ª ordem desconectado da rede de drenagem; e b) locais de estabelecimento das seções Hs18 e Hs12. Fotos em detalhe das seções Hs18 e Hs12 com respectivas seções colunares contendo a individualização de unidades pedoestratigráficas (C,D) (modificado de PAISANI et al., 2012; PAISANI, 2015;).

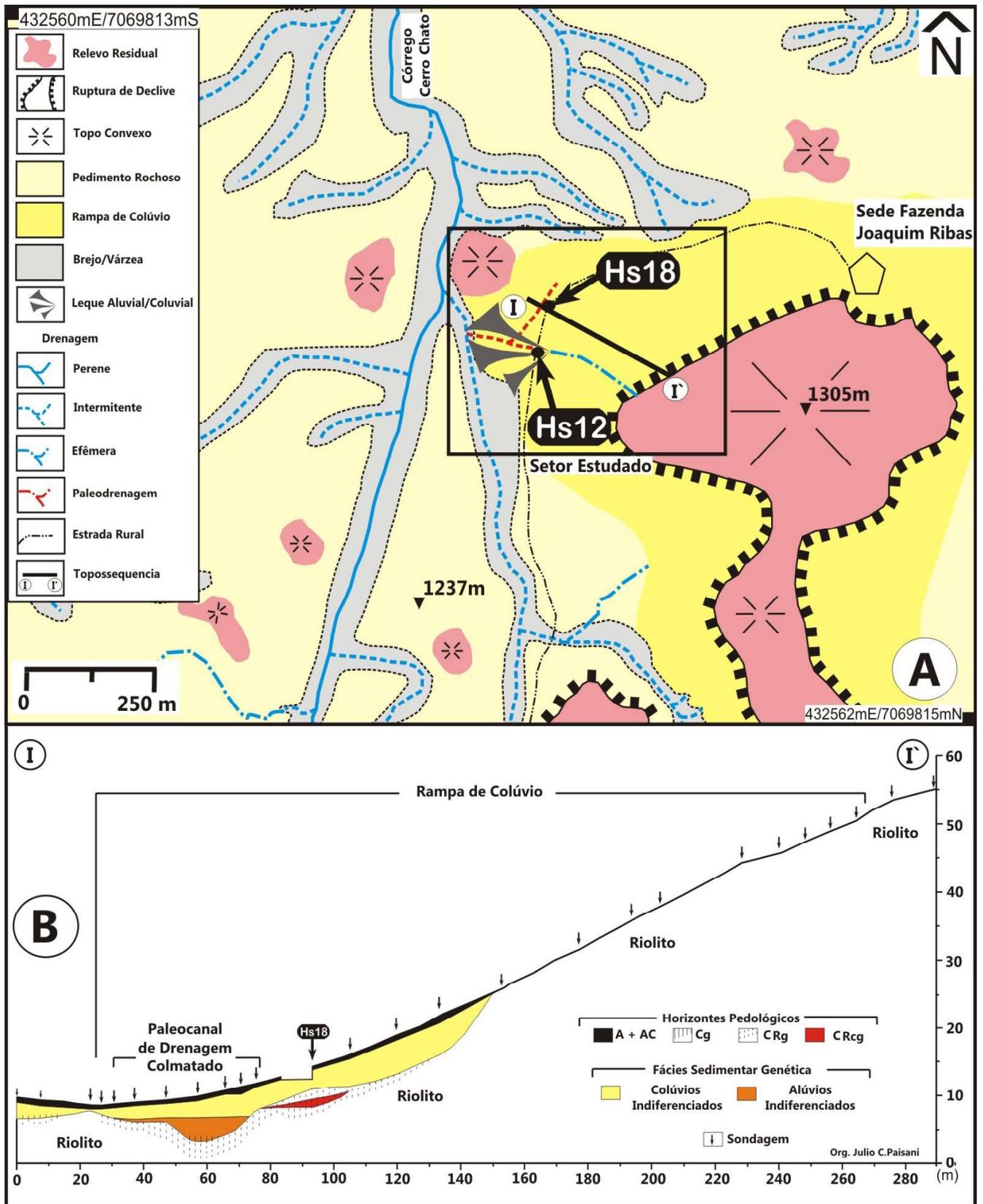


Figura 2 – Contexto geomorfológico da rampa de colúvio (A). Topossequencia longitudinal a rampa de colúvio (B). Nota-se que a mesma se estende pelos terços superior e médio da colina, os quais são os setores fonte dos materiais colúviais.

Foi estabelecida topossequencia (distribuição bidimensional dos materiais) perpendicular a seção Hs18, por meio de sondagens a trado holandês, baseado em Paisani e Oliveira (1998). A topossequencia foi estabelecida pelo método de caminhamento utilizando-se clinômetro, metro de madeira, trena, bússola e GPS. O datum foi arbitrado e os materiais foram identificados por meio de comparação com os previamente caracterizados na seção Hs18.

Foram coletadas amostras deformadas para análise granulométrica, isotópica do carbono e fitolítica, sendo esta última exclusivamente da seção Hs18. A granulometria foi determinada por peneiramento para a fração grossa e pipetagem para a fração fina, com separação via úmida utilizando-se CALGON (PAISANI, 1998). A análise isotópica do carbono da seção Hs18 foi realizada pelo Laboratório de Isótopos do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP), enquanto que para a seção Hs12 foi realizada pelo *Center for Applied Isotope Studies* (Universidade da Geórgia - USA), cujos resultados desta última foram obtidos de Paisani *et al.* (2014). A análise granulométrica, preparação de amostras para determinação isotópica do carbono e a extração de fitólitos foram realizadas no Laboratório de Análise de Formações Superficiais da Unioeste, sendo esta última conforme Paisani *et al.* (2016a). Já a classificação de morfotipos de fitólitos foi realizada no Laboratório de Microscopia Ótica da Unioeste. Para análise fitolítica foram estabelecidos índices de Cobertura Árborea (D/P), Áridéz/Umidade (Iph), Climático (I/C) e de Estresse Hídrico (Bi), comumente utilizados em trabalhos de reconstrução paleoambiental (COE *et al.*, 2014).

A geocronologia da matéria orgânica de níveis pedoestratigráfico da seção Hs12 foi obtida de Paisani *et al.* (2014), os quais submeteram amostras dos horizontes 9Cb, 14Ab e 24BC para determinação da idade pelo ^{14}C (AMS) no Laboratório de Radiocarbono da *Beta Analytic Inc.* (USA). Já da seção Hs18 foi submetida

amostra do nível 4Cb para determinação da idade pelo método de luminescência opticamente estimulada (LOE), com 15 alíquotas em grãos de quartzo, junto a empresa Datações, Comércio e Prestação de Serviços Ltda.

4. Resultados

4.1 Pedoestratigrafia

A seção Hs18 tem materiais de origem tanto coluvial quanto eluvial, os quais são substrato para 11 unidades pedoestratigráficas (horizontes Ap, 2Bb, 3Cb, 4Ab, 4Cb, 5Ab, 5Cb, 6Cb, 7ACb, 8Cb e 9CRcgb) (Figura 1B,C). As unidades apresentam textura da matriz variando de franco-argilo-siltosa a argilosa (Tabela 1), simplificadas em seção colunar em fácies lama (2Bb, 4Cb, 6Cb e 7ACb), lama cascalhenta (8CAb) e conglomerado matriz suportada (3Cb e 5Cb) (Figura 1D). Tais fácies são decorrentes de fluxos de lama discretos gerados nas encostas que delimitam o setor de montante da rampa de colúvio (Figura 1B). Já os conglomerados com matriz suportada foram gerados por fluxos de detritos que misturaram fragmentos líticos em sua matriz. Seus materiais apresentam cores amarelo-avermelhadas a vermelho-amareladas e estrutura sedimentar maciça, porém a matriz exibe fraca estruturação pedológica de blocos, bem como consistência predominante dura (seca) e firme (úmida) (Tabela 1). Os níveis 7ACb e 8CAb são registros de horizontes superficiais enterrados e indicam pelo menos duas paleosuperfícies, cujo nível 8Ab está ausente em face a erosão (Figura 1C). Tais relações estratigráficas foram detectadas, sobretudo, pela análise fitolítica (item 4.4). No geral, os sedimentos coluviais apresentaram diferentes graus de pedogênese e foram truncados pela erosão. Diante disso, a espessura dos níveis pedoestratigráficos varia de 10 a 30 cm, a exceção do horizonte 9CRcgb que apresenta 140 cm (Figura 1C, Tabela 1).

Tabela 1: Características morfológicas das unidades pedoestratigráficas da rampa de colúvio¹.

| Horizonte ² | Espessura (cm) | Cor ³ | Textura ⁴ | Estrutura ⁵ | Consistência | | Outras Características |
|-------------------------------|----------------|------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|
| | | | | | Seca ⁶ | Úmida ⁷ | |
| Seção Pedoestratigráfica Hs18 | | | | | | | |
| Ap | 25 | 10YR 2/1 | Franco-argilo-siltosa | g-bs ^c | d | fi | Raízes modernas, compactado, |
| 2Bb | 15 | 10YR 3/4 | Argilo-siltosa | bs ^b -p ^c | d | fi | - |
| 3Cb | 10 | 10YR 5/4 | Argilo-siltosa | m | d | fr | Fragmentos líticos |
| 4Cb | 10 | 7.5YR 5/6 | Argilosa | m-bs ^c | d | fi | - |

Dinâmica de Rampa de Colúvio na Superfície de Palmas/Água Doce Durante o Quaternário Tardio

| | | | | | | | |
|------------------------------|-----|-----------|--|---------------------------------|-----|----|--|
| 5Cb | 20 | 7.5YR 5/6 | Argilosa | m | d | fr | Fragmentos líticos |
| 6Cb | 20 | 7.5YR 5/6 | Argilosa | bs ^c | d | fr | - |
| 7ACb | 30 | 7.5YR 5/4 | Argilosa a argilo-siltosa | m-bs ^c | m | fr | - |
| 8CAb | 10 | 7.5YR 5/4 | Argilosa | m-bs ^c | m | fr | Pedoturbação, fragmentos líticos |
| 9CRcgb | 130 | 5YR 5/8 | Argilosa | m | m | fr | Concreções ferruginosas, mosqueamento |
| Seção Pedostratigráfica Hs12 | | | | | | | |
| Ap | 80 | 10YR 2/1 | Franco-argilo-siltosa | bs ^c -g ^b | d | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 2Cb | 20 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 3Cb | 15 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos de grânulos a seixo, matriz suportada |
| 4Cb | 80 | 10YR 4/4 | Argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | - |
| 5Cb | 20 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 6Cb | 65 | 10YR 4/4 | Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 7Cb | 20 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | - |
| 8Cb | 50 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 9Cb | 30 | 7.5YR 4/4 | Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos de grânulos a seixo, matriz suportada |
| 10Cb | 20 | 10YR 4/4 | Argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 11Cb | 5 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo |
| 12Ab | 15 | 10YR 3/3 | Argilo-siltosa | bs ^b | d-m | fi | Traços de raízes, Clastos de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 12Cb | 15 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 13Cb | 10 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo |
| 14Ab | 15 | 10YR 2/2 | Argiloso | bs ^b | d-m | fi | Traços de raízes |
| 14Cb | 10 | 7.5YR 3/3 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo a matriz suportada |
| 15Cb | 5 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo |
| 16Cb | 50 | 7.5YR 4/4 | Franco-argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | - |
| 17Cb | 15 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa | bs ^c | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo |

| | | | | | | | |
|-------|----|------------|--|---------------------------------|-----|----|--|
| 18Cb | 25 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa | bs ^e | m | fr | Clastos de grânulos a seixo, matriz suportada |
| 19Ab | 10 | 7.5YR 3/3 | Argiloso a Argilo-siltosa | bs ^b | d-m | fi | Traços de raízes e de pedoturbação |
| 19Cb | 10 | 7.5YR 3/4 | Argilo-siltosa | bs ^e | m | fr | - |
| 20Cb | 25 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^e | m | fr | Clastos de grânulo a seixo |
| 21Cb | 5 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^e | m | fr | Clastos suportados de grânulos a seixo |
| 22Cb | 25 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^e | m | fr | Clastos de grânulo a seixo |
| 23Ab | 10 | 7.5YR 3/3 | Argiloso | bs ^b | d | fi | Traços de raízes |
| 23Cb | 15 | 7.5YR 4/4 | Argilo-siltosa | | m | fr | |
| 24BCb | 15 | 7.5 YR 4/6 | Argilo-siltosa | bs ^b -p ^c | m | fr | Traços de raízes e carvões |
| 24Cb | 60 | 7.5YR 4/6 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^e | m | fr | Clastos de grânulo a seixo, matriz suportada |
| 25Cb | 20 | 5YR 4/6 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^e | m | fr | Localmente clastos suportados de grânulo a seixo |
| 26Cb | 45 | 7.5 YR 4/4 | Argilo-siltosa a Franco-argilo-siltosa | bs ^e | m | fr | - |

¹Informações obtidas de Paisani *et al.* (2014), Oliveira (2014) e Paisani (2015). ²A:horizonte superficial mineral com matéria orgânica suficiente para lhe imprimir cores escuras, AC:horizonte de transição dominado pelas características do horizonte A, CA:horizonte de transição dominado pelas características do horizonte C, B:horizonte mineral subsuperficial cujas características, sobretudo estruturais, são atribuídas a processos pedogenéticos, C:material parental, cujos processos pedogenéticos são incipientes, R: rocha inconsolidada com pouca evidência de intemperismo, CR:horizonte de transição com características predominantes do horizonte C, b:enterrado, c:concreções ou nódulos, g:glei (hidromórfico) (CURI *et al.*, 1993; BRANDY e WEIL, 2013). ³Segundo Carta de Munsell. ⁴Diagrama triangular da USDA (SCHAETZL e ANDERSON, 2005). ⁵g:granular, bs:blocos subangulares, p:prismática, grau de desenvolvimento forte^a, médio^b, fraca^c, m:maciça. ⁶d:dura, m:macia, s:solta. ⁷fi:firme, fr:friável.

A topossequencia estabelecida perpendicularmente a seção Hs18 revelou afloramento de riolito mantendo os terços superior e intermediário da rampa de colúvio (Figura 2), enquanto sedimentos colúviais se encontram ao longo de seu terço inferior. Os terços superior e intermediário são os locais fonte de sedimentos colúviais, ao passo que o terço inferior revelou paleocanal de drenagem de baixa ordem e a extensão lateral do horizonte 9CRcgb (Figura 2). Acredita-se que se trata de paleocanal de 1ª ordem, estabelecido perpendicular a rampa, que foi colmatado por sedimentos colúviais (Figura 2A). Após o soterramento o paleocanal continuou a drenar os materiais em condições hipodérmicas, como evidenciam horizontes hidromórficos (Cg e CRg) a partir dos sedimentos de sua base (Figura 2B).

O horizonte 9CRcgb se destaca justamente por ser hidromórfico com concreção ferruginosa centimétrica (Figura 3). A topossequencia revelou que a concreção desaparece tanto nos limites do paleocanal de drenagem (Figura 2), quanto em direção a seção Hs12. Esse nível hidromórfico é remanescente de fase em que o paleocanal

apresentava talvez menos incisivo e migração de óxidos e hidróxidos lateralmente a partir das encostas antes do estabelecimento dos materiais colúviais (THOMAS, 1994). Esses fatos são importantes, pois mostram o reafeiçoamento da paisagem ao longo do tempo e que o fenômeno de colmatção de fundos de vales de baixa ordem ocorreu em detrimento do estabelecimento de rampas de colúvio.

A seção Hs12 revelou materiais de origem tanto colúvial quanto aluvial, os quais são substrato para 32 unidades pedoestratigráficas (horizontes Ap, 2Cb, 3Cb, 4Ab, 4Cb, 5Cb, 6Cb, 7Cb, 8Cb, 9Cb, 10Cb, 11Cb, 12Ab, 12Cb, 13CB, 14Ab, 14Cb, 15Cb, 16Cb, 17Cb, 18Cb, 19Ab, 19Cb, 20Cb, 21Cb, 22Cb, 23Ab, 23Cb, 24BCb, 24Cb, 25Cb e 26Cb) (Figura 1B,C). As unidades apresentam matriz com textura variando de franco-argilo-siltosa a argilo-siltosa (Tabela 1), simplificadas em seção colunar em fácies lama (2Cb a 6Cb, 8Cb, 9Cb, 11Cb, 14Cb, 17Cb, 20Cb a 22Cb e 25Cb) e lama cascalhenta (7Cb, 10Cb, 12Cb, 13Cb, 15Cb, 16Cb, 18Cb, 19Cb, 23Cb a 24Cb e 26Cb) (Figura 1D). Tais fácies são decorrentes de fluxos de lama gerados nas

encostas que colmataram paleocanal de baixa ordem que seccionava longitudinalmente a rampa de colúvio. Trata-se de paleocanal similar ao encontrado na topossequência (Figura 2A). Esse paleocanal foi reativado

parcialmente, constituindo moderno canal de 1ª ordem desconectado da rede de drenagem que se estende pelos terços intermediário e superior da rampa de colúvio com dois níveis de *knickpoint* (Figura 2A).



Figura 3 - Concreção ferruginosa caracterizada por morfologia tabular, em seu topo, e ondulada, na sua base, estabelecida no horizonte 9CRcgb.

As fácies aluviais do registro estratigráfico foram geradas pelo referido canal de drenagem e mantêm as unidades pedostratigráficas 11Cb a Ap (Figura 1D). Nelas são comuns estruturas de corte e preenchimento associadas a fluxos hiperconcentrados decorrentes da dinâmica fluvial do atual canal de 1ª ordem desconectado da rede de drenagem (base dos horizontes 8Cb, 6Cb, 5Cb, 4Cb e Ap - Figura 1D) (OLIVEIRA, 2014). No geral, os materiais tem cores amarelo-avermelhadas a vermelho-amareladas próximas aos dos materiais da seção Hs18 (Tabela 1). Eles apresentam estrutura sedimentar maciça, porém a matriz exibe fraca estruturação pedológica de blocos, bem como consistência predominante macia (seca) e firme (úmida). A sequência pedostratigráfica passou por *pedogênese progressiva* na conceituação de Johnson *et al.* (1990), como documentam os horizontes 12Ab, 14Ab, 19Ab, 23Ab e 24BCb (Figura 1D, Tabela 1). Eles representam fase de estabilidade ambiental local pontuada por eventos de erosão e sedimentação que acarretou no escalonamento de paleossolos enterrados, cuja ocorrência no registro pedostratigráfico pode ser designada de *pedocomplexo* ou *paleossolos compostos* (PAISANI *et al.*, 2014).

4.2 Geocronologia e Correlação Estratigráficas

As idades obtidas por ^{14}C através da matéria orgânica contida em sedimento organo-mineral fácies aluvial (horizonte 9Cb), em paleossolo (horizonte 14AB) e de carvões em remanescente de horizonte BC (horizonte 24BCb) da seção Hs12 foram, respectivamente, de 19.840 ± 80 anos AP (23.880 a 23.500 anos cal. AP), 23.800 ± 50 anos AP (28.060 a 29.080 anos cal. AP) e 28.880 ± 160 anos AP (33.860 a 33.030 anos cal. AP) (Tabela 2). As idades dos horizontes 24BCb e 14Ab sugerem que o pedocomplexo (horizontes 24BCb, 23Ab, 19Ab, 14Ab e 12Ab) está em fase cronológica com o período paleoclimático global conhecido como Último Interstadial (Estágio Isotópico Marinho 3 – EIM 3) (LONG e STOY, 2013). Tais níveis pedostratigráficos apresentam correlação pedostratigráfica e cronológica com outros paleossolos identificados em paleofundos de vales de baixa ordem na área de estudo, desenvolvidos durante esse período (PAISANI *et al.*, 2014). Na seção Hs18 os níveis pedostratigráficos 8CAB e 7CAB são interpretados como correlatos dessa fase de pedogênese (Figura 4).

Tabela 2: Idades ^{14}C e Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) dos registros estratigráficos das seções Hs12 e Hs18.

| $^{14}\text{C}^*$ - Seção Hs12 | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------------------|---------------------------------|---|---------------------------|
| Horizonte | Local | Cód.Lab. | Idade (anos ^{14}C AP) | Idade (anos cal. ^{14}C AP) [*] | $\delta^{13}\text{C}$ (‰) |
| 9Cb ¹ | Centro | 351570 ³ | 19.840±80 | 23.880-23.500 | -19,60 |
| 14Ab | Centro | 8876 ⁴ | 23.800±50 | 28.060-29.080 | -22,90 |
| 24BCb ² | Topo | 351569 ³ | 28.880±160 | 33.860-33.030 | -24,60 |

| Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) – Seção Hs18 | | | | | | | | |
|---|-------|----------|------------|-----------|----------|---|--------|-------------------|
| Horizonte | Local | Cód.Lab. | Th (ppm) | U (ppm) | K (%) | Dose Anual ($\mu\text{Gy}\cdot\text{ano}^{-1}$) | P (Gy) | Idade (anos A.P.) |
| 4Cb | base | 4201 | 20,97±0,76 | 5,71±0,40 | 0,65±0,1 | 3.740±255 | 73,93 | 19.770±2.350 |

* Idades obtidas de Paisani *et al.* (2014) e calibradas com 2σ , 95% de probabilidade ¹ Sedimento organo-mineral. ² Carvão. ³ Beta Analytic Inc. ⁴Center for Applied Isotope Studies (University of Georgia-USA).

A idade do nível 9Cb da seção Hs12 equivale ao período do Último Máximo Glacial, ou EIM 2 (Tabela 2). Acredita-se que os sedimentos coluviais que mantêm nos níveis 11Cb e 10Cb também foram gerados nessa época, justamente após o desenvolvimento do horizonte 12Ab, topo do pedocomplexo (Figura 4). A cronologia do nível 9Cb tem correlação cronológica com o nível 4Cb da seção Hs18 (Figura 4). Esse nível pedoestratigráfico se encontra entre dois níveis conglomeráticos com matriz suportada (3Cb e 5Cb), cuja característica sedimentológica destoa em relação aos demais níveis pedoestratigráficos da seção Hs18. A idade de 19.770±80 anos AP do nível 4Cb da seção Hs18 sugere que sua sequência pedoestratigráfica (3Cb a 5Cb) foi gerada durante o Último Máximo Glacial, e apresentaria correlação cronoestratigráfica com a sequência 11Cb a 9Cb da seção Hs12 (Figura 4). Já os níveis pedoestratigráficos sobrejacentes estabelecidos sobre facies aluviais na seção Hs12 (8Cb a Ap) são interpretados como situados durante o Holoceno, ou EIM1, assim como as fácies coluviais em que se estabeleceram os níveis 2Bb e Ap da seção Hs18 (Figura 4). No geral, percebe-se que a morfogênese atuou continuamente na área de estudo entre o Último Interestadial e o Holoceno, com favorecimento da pedogênese no final do primeiro, similarmente ao encontrado em outras seções pedoestratigráficas representativas de paleofundos de vales de baixa ordem na superfície de Palmas/Água Doce (PAISANI *et al.*, 2012; 2014; 2016b; GUERRA e PAISANI, 2013; LIMA, 2016; RIBEIRO, 2016).

4.3 Composição Isotópica do Carbono

O carbono total das unidades pedoestratigráfica da seção Hs18 ficou entre 5,89 a 0,73% (PAISANI, 2015), ao passo que os valores do $\delta\text{C}-13$ variaram de -13,12 a -19,80‰ (Figura 4). A distribuição dessa razão isotópica

torna-se mais negativa com a profundidade, havendo mudança de ~6‰ entre os níveis mais superficiais (Ap e 2Bb) e os mais profundos (6Cb a 8CAB) (Figura 4). Os valores mais negativos são registrados justamente nos níveis mais profundos, 8CAB (-19,80‰), 7CAB (-19,37‰) e base do 6Cb (-19,43‰). Já nos níveis mais superficiais, Ap (-13,12‰) e 2Bb (-13,33‰) os valores são menos negativos. Os valores dos níveis superficiais apontam para o predomínio de plantas com padrão fotossintético C_4 (gramíneas – maioria das Poaceae), pois elas apresentam razão isotópica entre -17 a -9‰ (PESSENDA *et al.*, 1996; 2005). Enquanto que nos níveis mais profundos, sobretudo nos horizontes 6Cb a 8CAB, os valores sugerem mistura de plantas C_3 e C_4 , uma vez que plantas C_3 (arbustos, arbóreas e algumas Poaceae) tem razão isotópica de -32 a -22 ‰ (PESSENDA *et al.*, 1996; 2005). A sutil variação dos valores para mais negativos pode refletir a mistura de matéria orgânica de Poaceae com espécies arbustivas (*Baccharis caprariifolia* DC e *Eryngium pandanifolium*), como é verificado nas áreas de campo moderno em regeneração (PAISANI *et al.*, 2013), ou presença de gramíneas C_3 .

Na seção Hs12 o registro isotópico segue a tendência verificada para a seção vizinha, diferindo em relação a extensão vertical do sinal isotópico das plantas C_4 , que ocorrem dos níveis Ap ao 8Cb (Figura 2). A partir desse último registra-se uma tendência de mistura com matérias orgânica de plantas C_3 com a profundidade, a qual se efetiva nos níveis subjacentes 10Cb a 12Cb. Apenas o nível 14Ab apresenta valor sugestivo para plena ocorrência de plantas C_3 . Nos 15Cb a 18Cb há predomínio dessa categoria de vegetação, porém ainda na faixa de mistura. Com base em valores isotópicos obtidos em ambiente florestal moderno, Paisani *et al.* (2014) sugerem que entre os níveis 9Cb e 23Cb havia o predomínio de floresta, talvez mais aberta que nas condições modernas.

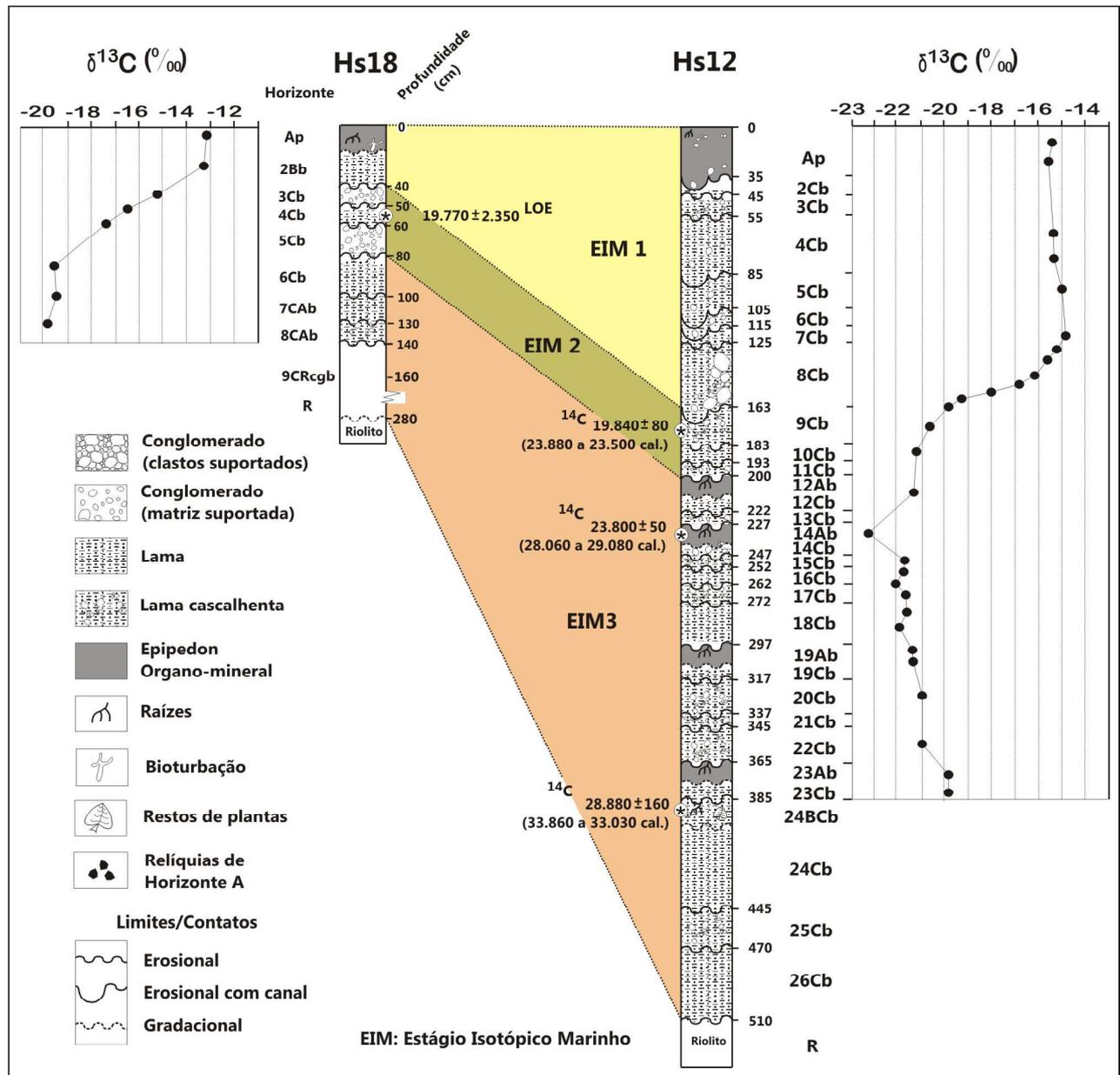


Figura 4 – Correlação entre níveis pedostratigráficos das seções Hs18 e Hs12, bem como respectivos conteúdos isotópicos do carbono (modificado de PAISANI, 2014; 2015).

Comparando os sinais isotópicos do carbono de ambas as seções percebe-se que é comum a presença de matéria orgânica derivada de plantas C_4 nos níveis do Holoceno (EIM 1) em ambas as seções, com tendência de mistura nos níveis pedostratigráficos estabelecidos durante o Último Máximo Glacial (EIM2) e Último Interstádio (EIM3) (Figura 2). Por outro lado, os sinais isotópicos sugerem que na seção Hs12 predominou vegetação mais exuberante em plantas C_3 durante a colmatagem dos paleofundos de vale.

4.4 Análise fitolítica (seção Hs18)

A concentração de fitólitos no registro pedostratigráfico variou de 1,14 a 34,38%, sendo que nos primeiros 30 cm de profundidade, entre os horizontes Ap e 2Bb topo, ocorrem os maiores percentuais (Figura 5). Próximo à superfície, o horizonte Ap apresenta um total de ~34,00% de fitólitos. Já o horizonte 2Bb registra substancial redução com valores que decrescem de 18,37 para 11,52% (Figura 5). Essa elevada concentra-

ção de fitólitos no horizonte Ap está em acordo com a proximidade da fonte moderna de fitólitos, vegetação e fezes de bovinos. A partir do horizonte 2Bb há redução da concentração de fitólitos conforme a profundidade, havendo picos de maior concentração nos horizontes 5Cb base, 6Cb topo, 7ACB topo e 8CAB (Figura 5).

Essas maiores concentrações indicam dois fenômenos: 1) proximidade à antigas superfícies truncadas pela erosão, no caso dos horizontes 2Bb, 7ACB e 8CAB; e 2) mistura de fitólitos de níveis pedoestratigráficos sotapostos, como no caso da base do horizonte 5Cb e topo do 6Cb.

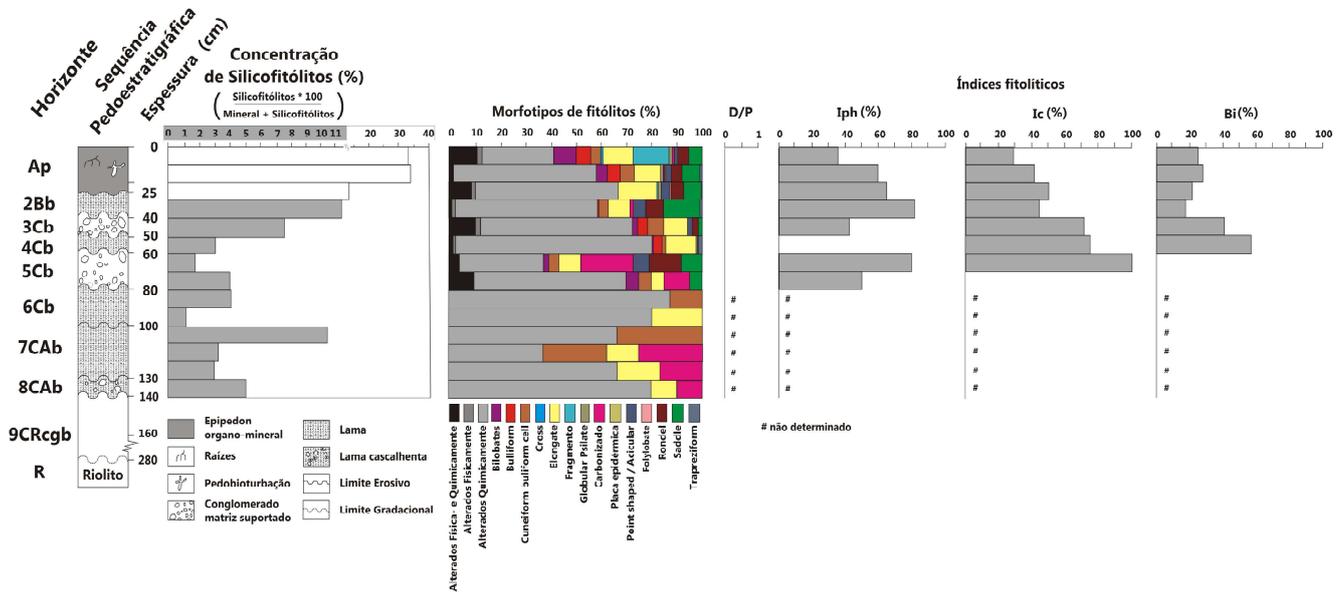


Figura 5 – Concentração, morfotipos e índices de fitolíticos do registro pedoestratigráfico da rampa de colúvio (adaptado de PAISANI, 2015).

A análise de morfotipos revela um total de 1396 fitólitos, com destaque para aqueles com significado taxonômico de gramínea (Poaceae): *Bilobate*, *Bulliform*, *Saddle*, *Cuneiform Bulliform Cell*, *Rondel*, *Point Shaped*, *Trapeziform*, *Polylobate* e *Cross* (Figura 5). Além destes são encontrados outros morfotipos que não foram identificados em face da degradação física e/ou química, pequenos fragmentos e fitólitos carbonizados.

A degradação física e química da morfologia dos fitólitos para a área de estudo está vinculada ao processo de mastigação de animais herbívoros durante a pastagem, em face de seu desprendimento dos bolos fecais estabelecidos tanto sobre a superfície moderna (gado) quanto sobre paleosuperfícies (PAISANI, 2015). Neste último caso, deriva da paleofauna herbívora do Pleistoceno (PAISANI et al., 2016b). Já a degradação química resulta tanto do processo digestivo de animais herbívoros quanto por processos biogeoquímicos, associados à pedogênese ou diagênese, promovendo a decomposição dos fitólitos estabelecidos no registros pedoestratigráficos (PAISANI et al., 2016b).

Os fitólitos carbonizados também são degradados, porém mediante a queima, e assumem significado ambien-

tal simplesmente por evidenciar fases em que as plantas foram submetidas ao fogo. Esta categoria ocorre nos três primeiros centímetros do horizonte Ap, bem como no 2Bb (base), 5Cb, 7ACb (base) e 8CAB (Figura 5). Os fitólitos carbonizados do horizonte Ap decorrem das periódicas queimadas promovidas pela ação antrópica como meio de manejo moderno da área de estudo para o pastoreio (PAISANI et al., 2016a). Ao passo que sua presença nos demais níveis tem sido interpretada como resultante tanto de incêndios provocados por índios antes da colonização no século XIX (paleoíndios), quanto por incêndios naturais comuns a superfícies geomórficas similares do Sul do Brasil (BEHLING, 1997; BEHLING et al., 2004; JESKE-PIERUSCHKA et al., 2010; PAISANI et al., 2013). A presença de fitólitos carbonizados nos níveis mais profundos (horizontes 6Cb e 8CAB), deve ser exclusivamente relacionada a este último fator.

A respeito dos índices fitolíticos o D/P resultou no valor de zero (Figura 5), o qual reflete formação vegetal de Campo (BREMONT et al., 2005). O Iph variou entre 0 a 83,33% nos níveis pedoestratigráficos (Figura 5), cujos valores inferiores a 40% indicam o predomínio de Panicoideae (gramínea C₄ mesofítica) e condições edáficas

mais úmidas, enquanto que o inverso indica condições mais secas (ALEXANDRE *et al.*, 1997; BREMOND *et al.*, 2008; COE, 2009; COE *et al.*, 2014). Percebe-se que o topo do horizonte Ap registra valor de 38,95% sugerindo condições ambientais úmidas, estando coerente com o sinal moderno identificado em seus três primeiros centímetros (Figura 5). A partir de sua base registra-se tendência de aumento nos valores com a profundidade até o horizonte 2Bb e novo decréscimo para o horizonte 3Cb. Nesse intervalo os valores ficaram entre 42,11 a 83,33% (Figura 5). Situação similar é verificada entre o topo e a base do nível 5Cb (Figura 5), indicando para ambos os casos condições ambientais mais secas. Apenas no nível 4Cb o valor de zero indica condições ambientais mais úmidas. Os níveis pedostratigráficos 6Cb, 7ACb e 8CAB não apresentaram número de fitólitos suficientes para aplicação do índice.

O IC aplicado variou de 0 a 100% (Figura 5), cujos valores apresentados no horizonte Ap indicam o predomínio de gramíneas Panicoideae (*Bilobate*) e Chloridoideae (*Saddle*), sugerindo condições climáticas mais quentes. Já na transição para o horizonte 2Bb, o percentual de 50%, indica um ponto limite das subfamílias florísticas adaptadas a condições quentes (BREMOND *et al.* 2008; COE *et al.*, 2014). No 2Bb ocorre uma baixa redução no percentual para 44,74% (Figura 5), onde prevalecem gramíneas Pooideae (*Rondel*) e condições climáticas mais quentes. A partir do horizonte 3Cb, ocorre tendência de acréscimo de 71,43% para 100% até o topo do horizonte 5Cb (Figura 5). Nesse intervalo ocorre o domínio de gramíneas Pooideae (*Rondel e Trapeziform*) adaptadas a regime climático frio (TWISS, 1992; BREMOND *et al.*, 2008; COE *et al.*, 2014). Na base do horizonte 5Cb a aplicação do índice aponta para valor de zero, mas não deve ser tomado como indicativo de condições climáticas quentes como verificado para os níveis Ap e 2Bb, devido ao reduzido número de fitólitos passíveis de aplicação do índice. O Bi variou de 0 a 58,33% (Figura 5), cujos valores mais elevados são observados nos horizontes 3Cb (42,11%) e 4Cb (58,33%), sugerindo aumento no estresse hídrico. Nos demais níveis pedostratigráficos os valores abaixo de 30% sugerem baixo estresse hídrico. Enfim, PAISANI (2015) comparou os percentuais de carbono total com a concentração de fitólitos para os mesmos níveis amostrados, constatando forte correlação positiva. Tal análise de correlação sugere que as concentrações de matéria orgânica e de fitólitos seriam geradas a mesma época.

5. Dinâmica da Rampa de Colúvio e Cenários Paleoambientais

Antes do estabelecimento da rampa de colúvio havia encosta com materiais pedogenizados seccionada por drenagem de baixa energia, atuais paleofundos de vales de 1ª ordem (Figura 2A). Não se pode precisar a idade dessa fase, talvez início ou meados do Último Interstadial (Estágio Isotópico Marinho 3 - EIM 3), mas pode-se dizer que o gradiente topográfico entre a encosta e os paleofundos de vales era baixo o suficiente para possibilitar o desenvolvimento de concentração ferruginosa na base da encosta (horizonte 9CRcgb – seção 18) (Figura 6). Na sequência houve reajuste da rede de drenagem com aprofundamento dos talwegues dos atuais paleofundos de vales (Figura 2A), no Último Interstadial (EIM 3 - Figura 6). Essa reativação ocorreu em condições paleoclimáticas úmidas, como sugerem registros palinológicos regionais e paleopedológicos da superfície de Palmas/Água Doce (BEHLING *et al.*, 2004; PAISANI *et al.*, 2014). É possível que esse gatilho seja o responsável pela desestabilização dos materiais nas encostas e pelo acúmulo da primeira sequência coluvial nos paleofundos de vales (sequência 26Cb a 24Cb – seção Hs12), similarmente ao sugerido por Ribeiro (2016) para outro paleofundo de vale de baixa ordem na mesma superfície geomórfica. Esse caso leva a pensar em adaptação dos fundos de vales de baixa ordem hierárquica (< 4ª ordem) a mudanças do nível de base de cunho local e/ou regional.

No final do Último Interstadial (EIM 3) eventos de pedogênese, com desenvolvimento de horizontes A húmicos foram expressivos tanto na encosta quanto nos fundos de vales adjacentes, como documentam os horizontes 8CAB e 7CAB da seção Hs18 e o pedocomplexo representados pelos horizontes 24BCb, 23Ab, 19Ab, 14Ab e 12Ab da seção Hs12 (Figura 6). Esse registro de pedogênese também foi detectado com o desenvolvimento de paleossolos hidromórficos em paleocabeceiras de drenagem e outros paleofundos de vales de baixa ordem (< 4ª ordem) na superfície de Palmas/Água Doce (PAISANI *et al.*, 2013; 2014; 2016; LIMA, 2016). Eles documentam manutenção de regime paleoclimático úmido e relativamente frio da superfície geomórfica durante o final desse estágio isotópico. O sinal isotópico do carbono entre os horizontes 12Cb a 19Cb apontam para mistura de plantas C₃ e C₄, com tendência de predomínio da primeira, sobretudo nos fundos de vales (seção Hs12).

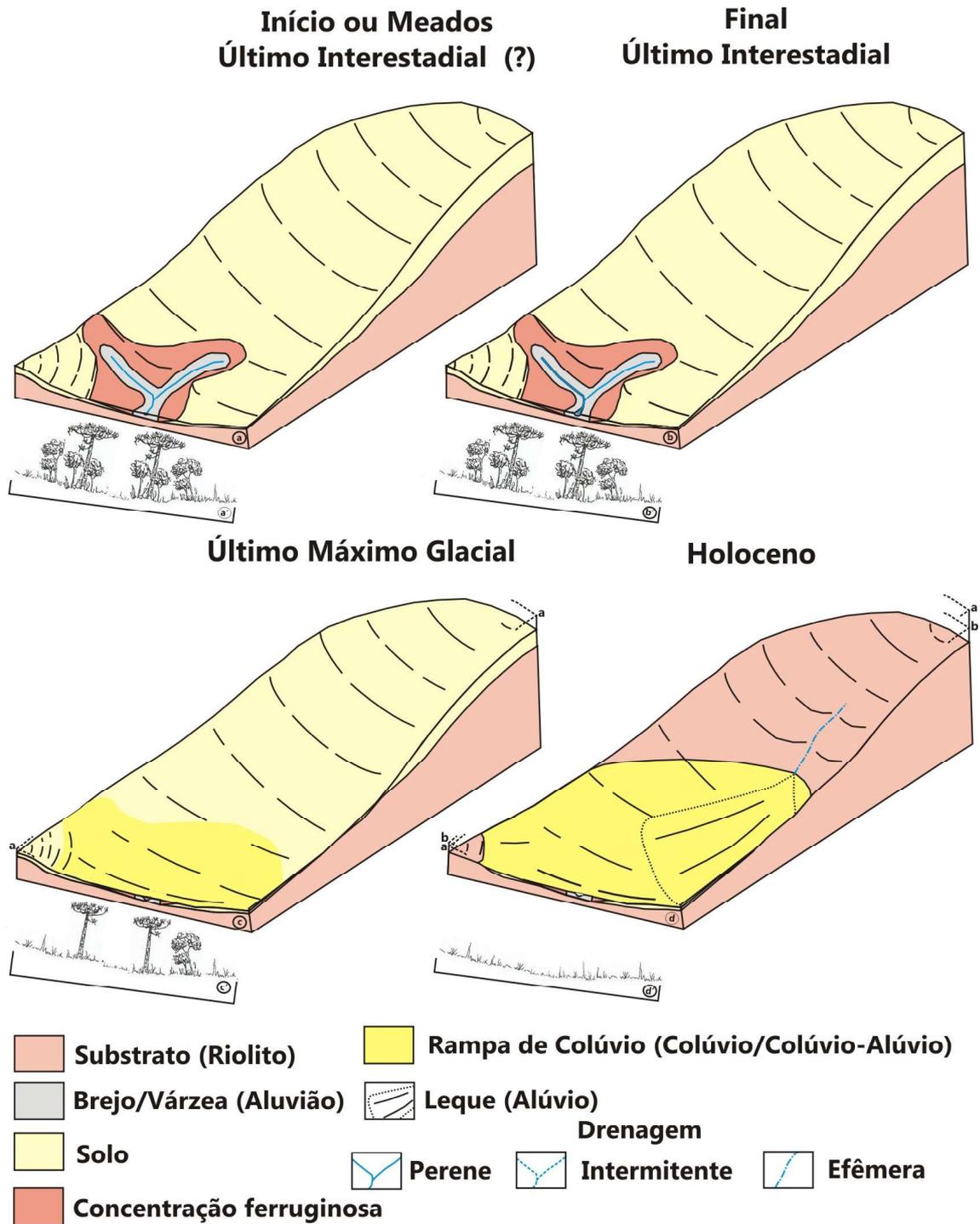


Figura 6 – Dinâmica da rampa de colúvio entre do Último Interstadial (EIM 3) ao Holoceno (EIM 1).

O Último Máximo Glacial (EIM2), foi marcado por fluxos de detritos com significativa ocorrência de clastos na encosta (3Cb e 5Cb – seção 18) e pouca sedimentação nos paleofundos de vale (Figura 6), como documentam as delgadas unidades pedoestratigráficas (9Cb a 11Cb – seção Hs12), sobre regime climático marcado pelo

progressivo predomínio de plantas C_4 . Fitólitos carbonizados e degradados física e quimicamente apontam para, respectivamente, períodos descontínuos de incêndios e presença de animais herbívoros. Os índices fitolíticos sugerem clima predominantemente mais frio e seco, similarmente ao registrado por dados palinológicos de cunho regional (BEHLING *et al.*, 2004). A morfogênese

foi predominante com a ausência de desenvolvimento de horizontes A húmicos. Ocorreu flutuação para mais úmido, como mostra o índice fitolítico Iph para o horizonte 4Cb. Tais condições ambientais estão em fase com os registros estratigráficos detectados em paleocabeceira de drenagem próxima ao setor analisado, onde se detectou fenômeno de morfogênese intercalando erosão hídrica em condições mais secas, e movimentos de massa discretos em períodos de flutuações para mais úmido (PAISANI *et al.*, 2016).

Condições de morfogênese se estenderam no Holoceno (EIM 1), cuja rampa de colúvio registrou ligeira sedimentação generalizada (horizontes Ap e 2Bb – seção Hs18). Por outro lado, nesse período a rampa de colúvio foi seccionada em seu terço superior e médio, por canal de drenagem de 1ª ordem desconectado da rede de drenagem, ativo até a atualidade (Figura 2a, 6). Fácies aluviais se estabeleceram na desembocadura do referido canal (8Cb a Ap – seção Hs12), gerando estruturas de corte e preenchimento, típicas de sistema fluvial distributário (OLIVEIRA, 2014) (Figura 6). Esse sistema fluvial, bem como os sedimentos de encosta, estiveram diante de regime climático predominantemente mais seco e mais quente, como indicam os índices fitolíticos, com predomínio de plantas C₄. Condições mais úmidas foram detectadas pelos índices apenas nos primeiros centímetros de profundidade, representando o regime climático moderno. Comparando tal registro da rampa de colúvio com os detectados em outras seções estratigráficas da área estabelecidas em paleocabeceiras de drenagem, percebe-se menor precisão do sinal paleoambiental dos registros estratigráficos da rampa de colúvio no segmento de encosta. Justamente em paleocabeceiras de drenagem a morfogênese intercalando erosão hídrica com movimentos de massa discretos foi mais intensa no Holoceno (EIM 1) (PAISANI *et al.*, 2013; 2016; LIMA, 2016). Enfim, esses fatos mostram que a resposta da morfogênese e pedogênese nas encostas, cabeceiras de drenagem e fundos de vale de bacias de baixa ordem (4ª ordem hierárquica), estão em fase entre si e não seguem o postulado por Bigarella *et al.* (1965) para o Quaternário Tardio (PAISANI *et al.*, 2013), pois a morfogênese foi comum tanto em regime paleoclimático mais seco quanto mais úmido.

6. Conclusões

O levantamento pedoestratigráfico de rampa de colúvio na superfície de Palmas/Água Doce permitiu determinar sua dinâmica ao longo do Quaternário Tardio,

bem como tecer considerações a respeito do ambiente de encostas em superfícies de cimeira do Planalto das Araucárias, sul do Brasil. A rampa de colúvio relevou registro pedoestratigráfico caracterizado por camadas delgadas de colúvios (horizontes Cb), por vezes pedogenizados (horizontes Ab, ACb, CAb, Bb e BCb), com importantes lacunas e truncamentos de níveis pedológicos superficiais (paleohorizontes A). Vales de drenagem de baixa ordem vizinhos às encostas sofreram colmatação durante sucessivas fases de sedimentação. Em um desses vales cinco eventos de estabilidade nas encostas foram detectados por meio de paleohorizontes A húmicos enterrados (Ab). A morfogênese foi contínua no setor analisado do Último Interglacial (Estágio Isotópico Marinho 3 – EIM 3) ao Holoceno (EIM 1). Durante este último estágio houve reativação parcial de paleocanal de drenagem, formando canal de 1ª ordem desconectado da rede de drenagem que se estende pelos terços intermediário e superior da rampa de colúvio com dois níveis de *knickpoint*.

Os sinais isotópicos e fitolíticos sugerem que a estabilidade ambiental favorecendo a pedogênese no Último Interstadial (EIM 3) foi em detrimento de regime climático úmido e relativamente frio. Já a morfogênese registrada no Último Máximo Glacial (EIM 2) decorreu de regime climático relativamente frio e seco, pontuada por fase de flutuação para mais úmido. Enfim, para o Holoceno (EIM 1) o clima mostrou-se no geral mais quente e seco. Tais interpretações paleoclimáticas estão em fase com dados palinológicos regionais e pedoestratigráficos e isotópicos obtidos para a superfície de Palmas/Água Doce.

Do ponto de vista regional, os resultados indicam que: a) as rampas de colúvio são unidades geomórficas de trânsito de sedimentos entre colinas e fundos de vale de baixa ordem nas superfícies de cimeira do Planalto das Araucárias; b) seus registros estratigráficos são delgados em face a recorrentes lacunas (descontinuidades); c) a intensa dinâmica erosiva nas rampas inibe o acúmulo de sedimentos, por outro lado possibilita a colmatação de fundos de vales de baixa ordem vizinhos, até a completa homogeneização topográfica lateral; d) nesses fundos de vales estão os principais registros estratigráficos que documentam fases de pedogênese e morfogênese tanto no ambiente de encosta quanto no ambiente fluvial de baixa ordem vinculado a rampa; e) paleohorizontes A húmicos enterrados (Ab), vinculados a fase de pedogênese do Último Máximo Glacial, podem estar preservados em ambos os ambientes.

Agradecimentos

Ao CNPq (Proc.441647/2014-6 e 300902/2015-8), à CAPES/CNPq (Projeto 144/2012-PVEs), à Fundação Araucária do Paraná (Convênios 204/2012 e 1261/2012) pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J.D.; LÉZINE, A.M.; VINCENS, A.; SCWARTZ, D. Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 136, 1997. p. 213-229.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná States (South Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology** 97, 109-121. 1997.

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 Camabará do Sul coer in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 203, p. 277-297, 2004.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia**, n.16/17, p.152-197.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. Considerações a respeito da evoluçã das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, n.16/17, p.85-116.

BRADY, N., C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 685 p. 2013.

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; WOOLLER, M.J.; HÉLY, C.; WILLIAMSON, D.; SCHÄFER, P.A.; MAJULE, A.; GUIOT, J. Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains. **Global and Planetary Change**, v. 61, p. 209–224, 2008.

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; PEYRON, O.; GUIOT, J. Grass water stress estimated from phytoliths in West Africa. **Journal of Biogeography**, v. 32, p.311-327. 2005.

CATT, J.A. Paleopedology Manual. **Quaternary International** 6, p.1-95, 1990.

CHMYZ, L. **Aspectos vulcanogênicos das rochas ácidas do Tipo Palmas da província magmática do Paraná aflorantes**

no Sudoeste Paranaense. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade Federal do Paraná. 2013.

COE, H.E.G.; OSTERRIETH, M.; HONAINÉ, M.F. Phytoliths and their applications. In: COE, H.E.G.; OSTERRIETH, M. (Org.) **Synthesis of some phytolith studies in South America (Brazil and Argentina), Botanical Research and Practices**. New York: Nova, p.1-26, 2014.

COE, H.H.G. **Fitólitos como indicadores de mudanças na vegetação xeromórfica da região de Búzios / Cabo Frio, RJ, durante o Quaternário Niterói**, 2009. 300 p. Tese (Doutorado em Geologia Marinha), Universidade Federal Fluminense.

CURI, N.; LARACH, J.O.I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F. Vocabulário de ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, SP, 1993.90 p.

GUERRA, S.; PAISANI, J.C. Abrangência espacial e temporal da morfogênese e pedogênese no Planalto de Palmas (PR) e Água Doce (SC): subsídio ao estudo da evolução da paisagem quaternária. **Geociências**, UNESP, 32, p.501-515, 2013.

HUGHES, P.D. Geomorphology and Quaternary stratigraphy: the roles of morpho-, litho-, and allostratigraphy. **Geomorphology** 123, p.189-199, 2010. doi:10.1016/j.geomorph.201.07.025

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de geomorfologia**, n.5, Série: manuais técnicos de geociências, 2ed., Rio de Janeiro: IBGE, 182p. 2009.

JESKE-PIERUSCHKA, V.; FIDELIS, A.; BERGAMIN, R.S.; VÉLEZ, E.; BEHLING, H. Araucaria forest dynamics in relation to fire frequency in Southern Brazil based on fossil and modern pollen data. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 160, p.53-65, 2010.

JOHNSON, D.L.; KELLER, E.A.; ROCKWELL, T.K. Dynamic pedogenesis: new views on some key soil concepts, and a model for interpreting Quaternary soils. **Quaternary Research** 33, p.306-319, 1990.

LIMA, J.G.G. **Ocorrência e gênese de derrame alterado sob rocha sã no Planalto de Palmas (PR)/Água Doce (SC)**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2013.

LIMA, S. **História da pedogênese, morfogênese e colmatção de duas cabeceiras de drenagem da superfície de Palmas/Água Doce durante o Quaternário Tardio**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2016.

LONG, J.A., STOY, P.C. Quantifying the periodicity of Heinrich and Dansgaard-Oeschger events during Marine Oxygen Isotope

- Stage 3. *Quaternary Research* 79, p.413-423, 2013. doi:10.1016/j.yqres.2013.02.003
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**, 2ª ed., José Olímpio, 1981.
- MAACK, R. Notas complementares à apresentação preliminar do mapa fitogeográfico do Estado do Paraná (Brasil). **Arquivos do Museu Paranaense** 7, p.351–361, 1949.
- MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia** 3, p.103–225, 1948.
- MEIS, M. R. M.; MONTEIRO, A. M. F. Upper quaternary “rampas”: Doce river valley, Southeastern Brazilian plateau. **Z.Geomorph. N.F.** 23, p.131-151, 1979.
- MOURA, J.R.S.; SILVA, T.M. Complexo de rampas de colúvio. In: Cunha, S.B. e Guerra, A.J.T. (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.143-180, 2006.
- OLIVEIRA, L. **Evolução de pequeno leque aluvial quaternário no Planalto das Araucárias**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2014.
- PAISANI, J. **Descontinuidades hidrológicas, escoamento superficial e desenvolvimento de incisões erosivas em áreas de cabeceira de drenagem: estudo de caso na Colônia Quero-Quero, Palmeira (PR)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- PAISANI, J.C.; CALEGARI, M.R.; PONTELLI, M.E.; PESSENDA, L.C.R.; CÔRREA, A.C.B.; PAISANI, S.D.L.; RAITZ, E. O papel das mudanças climáticas do Quaternário Superior na dinâmica evolutiva de paleovale de segunda ordem (Sul do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 14, p.103-116, 2013.
- 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** 27, p.541–553, 2008.
- PAISANI, J.C.; PONTELLI, M.E.; CALEGARI, M.R. Evolução de bacias de baixa ordem nos 41.000 anos AP – Brasil Meridional. **Revista Mercator** 11, p.131–148, 2012. doi:10.4215/RM2012.1126.0009
- PAISANI, J.C.; FACHIN, A.; PAISANI, S.D.L.; PONTELLI, M.E.; OSTERRIETH, M.L.; FUJITA, R.H. Evolução de paleocabeceira de drenagem do Rio Chopinzinho (Sul do Brasil) durante o Quaternário Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, p. 43-59, 2016a.
- PAISANI, J.C.; OLIVEIRA, M.A.T. Identificação de paleossolos em áreas de cabeceira de drenagem: o caso da Colônia Quero-Quero, Palmas (PR). **Revista Geosul** 14, ed.especial, p.470–475, 1998.
- 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** 54, p.57-70, 2014. doi:10.1016/j.jsames.2014.04.005
- PAISANI, S.D.L. **Significado paleoambiental de silicofitólitos em rampa de colúvio e paleocabeceira de drenagem na superfície de Palmas-Água Doce**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015.
- PAISANI, S.D.L.; PAISANI, J. C. 2013 PAISANI, J.C.; OSTERRIETH, M.L.; PONTELLI, M.E. Significado paleoambiental de fitólitos em registro pedostratigráfico de paleocabeceira de drenagem – superfície de Palmas-Água Doce (Sul do Brasil). **Geociências**, UNESP, v. 35, n.3, p.426-442, 2016b.
- PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; MELFI, A.J.; TELLES, E.C.C.; BOULET, R.; VALENCIA, E.P.E.; TOMAZELLO, M. The use of carbon isotopes (¹³C, ¹⁴C) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in Central Brazil. **Radiocarbon**, v.38, n.2, p.191-201, 1996.
- PESSENDA, L.R.; GOUVEIA, S.E.M.; FREITAS, H.A.; RIBEIRO, A.S.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J.A.; LEDRU, M.P.; SIEFEDDINE, A.F.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais. In: Souza, C.R.G. *et al.* (Eds.) **Quaternário do Brasil**, Holos, Brazil, p.75-93, 2005.
- RIBEIRO, F.J. **Evolução da rede de drenagem na superfície de Palmas/Água Doce durante o Quaternário Tardio: o caso dos Córregos do Salto e Vigia**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2016.
- SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology**. Cambridge University Press, Cambridge, 2005.
- THOMAS, M. **Geomorphology in the Tropics: A Study of Weathering and Denudation in Low Latitudes**. Wiley, 1994, 460p.
- TWISS, C. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytolith. In: RAPP, G. & MULHOLLAND, S.C. (Eds) **Phytolith systematics**. Emerging Issues, Advances in Archeological and Museum Science, p.113-128, 1992.