

Artigo de Pesquisa

## Geoquímica das coberturas pedogenizadas no Planalto Dissecado do rio Uruguai – Santa Catarina/RS, Brazil

*The geochemistry of the pedogenized coverings of the Dissected Plateau of the Uruguay River – States of Santa Catarina/Rio Grande do Sul, Brazil*

William Zanete Bertolini<sup>1</sup>, Marcos César Pereira Santos<sup>2</sup>, Antoine Lourdeau<sup>3</sup>, Mirian Carbonera<sup>4</sup>, Luis Felipe Soares Cherem<sup>5</sup>

- <sup>1</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó, Programa de Pós-graduação em Geografia, Chapecó, Brasil.  
william.bertolini@uffs.edu.br  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3283-5662>
- <sup>2</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-graduação em Geografia, Francisco Beltrão, Brasil.  
marcoscesar.arqueologia@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3286-4930>
- <sup>3</sup> Muséum National d'Histoire Naturelle, Musée de l'Homme, Département de Préhistoire, Paris, França.  
a.lourdeau@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4701-7953>
- <sup>4</sup> Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Centro de Memória do Oeste Catarinense – CEOM, Chapecó, Brasil.  
mirianc@unochapeco.edu.br  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3651-1438>
- <sup>5</sup> Universidade Federal de Goiás, Departamento de Geografia, Goiânia, Brasil. luis.cherem@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4119-6690>

Recebido: 29/12/2020; Aceito: 26/07/2021; Publicado: 06/04/2022

**Resumo:** As coberturas superficiais constituem importante registro sedimentar que contém dados potenciais como indicadores das condições ambientais atuais e pretéritas. Com o objetivo de analisar os graus de intemperismo das formações superficiais pedogenizadas e estabelecer relações entre fatores pedológicos e geomorfológicos na gênese e transformação da paisagem natural, neste trabalho foram investigados indícios físicos e geoquímicos de 22 mantos de intemperismo (coberturas pedogenizadas) da Volta Grande, trecho do alto vale do rio Uruguai na divisa entre os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Foram amostrados materiais sedimentares e pedogenizados em posições de baixa e média/alta vertente. As análises foram baseadas na descrição de características morfológicas de perfis pedológicos, análises granulométricas, datações de <sup>14</sup>C e LOE e análises geoquímicas (índice Ki e STI) de horizontes pedogenéticos representativos do manto de intemperismo da área de estudo, representada geomorfológicamente pelo Planalto Dissecado do rio Uruguai. Os resultados obtidos demonstraram que no contexto de morfogênese ativa do alto vale do rio Uruguai as coberturas pedogenizadas apresentam baixo grau de intemperismo em posições de baixa e alta vertente, incluindo os ambientes de topo e planície aluvial. Tal situação é condizente com um contexto de rejuvenescimento pedológico ao longo de todo o Holoceno, sem, no entanto, diferenciação morfológica e textural significativa das coberturas predominantemente argilo-siltosas.

**Palavras-chave:** rio Uruguai; pedogênese; índice de intemperismo; paleoambiente

**Abstract:** Superficial deposits or unconsolidated deposits (alluvium, colluvium and eluvium) constitute an important sedimentary record that carries data as potential indicators of current and past environmental conditions. Herein work investigated physical and geochemical evidence of 22 weathering mantles (pedogenized deposits) in Volta Grande, a stretch of the upper valley of the Uruguay River, between the States of Santa Catarina and Rio Grande do Sul (Brazil). The study

aimed to analyze the degrees of weathering of pedogenized surface formations, and establish relationships between pedological and geomorphological factors, under both genesis and transformation of the natural landscape context. Sedimentary and pedogenized materials were sampled in low and medium/high slope positions. Description of morphological characteristics of soil profiles, particle size analyses,  $^{14}\text{C}$  and LOE dating underpinned the analyses of these materials. Such analyses also relied on geochemical methods (Ki and STI index) of representative pedogenetic horizons of the weathering mantle of the study area. Geomorphologically, such an area is displayed as the Dissected Plateau of the Uruguay River. The results obtained showed that, in the context of active morphogenesis of the upper Uruguay River valley, the pedogenized deposits revealed a low degree of weathering in both low and high slope positions, including the hilltops and alluvial plain environments. This description agrees with a context of pedological rejuvenation throughout the Holocene, however, without a significant morphological and textural differentiation of the predominantly clayey-silt deposits.

**Keywords:** Uruguay river; pedogenesis; weathering index; paleoenvironment

---

## 1. Introdução

O uso das características e indícios relacionados ao regolito e à cobertura pedológica, à sua distribuição espacial, à natureza de seus sedimentos constituintes e às formas de relevo associadas tem se apresentado como princípios importantes em muitos estudos que objetivam a interpretação das condições ambientais pretéritas das paisagens continentais (BIGARELLA e MOUSINHO, 1965a,b; PAIN e OLLIER, 1996; THOMAS, 2000; 2008; GODARD; SIMON-COINÇON e LAGASQUIE, 2001; MELO et al., 2005; LEOPOLD e VÖLKEL, 2007; GUERRA e PAISANI, 2013). Os sedimentos em si e a forma como eles estão organizados refletem modos de operação dos processos que fornecem pistas sobre como estes atuaram no passado, na relação com as condições climáticas e a erosão, e de que modo essa atuação ocorreu (BIGARELLA e MOUSINHO, 1965a,b; PEDERSON; PAZZAGLIA e SMITH, 2000). É de amplo consenso que mudanças no clima ocasionaram mudanças na erosão e sedimentação na transição Pleistoceno-Holoceno, marcando em muitos lugares de vários continentes distinções no pacote sedimentar dos fundos de vale (STRAHLER, 1974; PAIN e OLLIER, 1996; STEVAUX, 2000; THOMAS, 2000; MELO et al., 2005; CHAMPAGNAC; VALLA e HERMAN, 2014). Em muitos lugares essa transição foi marcada por grandes cheias, incisão e deposição de sedimentos grosseiros. E quando o clima holocênico se estabeleceu e as flutuações no escoamento superficial se reduziram em amplitude, as condições de meandramento fluvial puderam desenvolver planícies com espessos pacotes de argilas e siltes (THOMAS, 2000, p.23).

O trecho fluvial da Volta Grande no alto rio Uruguai tem suscitado grande atenção do ponto de vista arqueológico em função das datações de ocupações humanas mais antigas obtidas para o Estado de Santa Catarina, e para o Sul do Brasil no contexto dos primeiros povoamentos do continente Sul-Americano. As datações de  $^{14}\text{C}$  obtidas junto aos sedimentos da margem do rio Uruguai no oeste de Santa Catarina dão conta de idades aproximadas a 12.000 anos cal AP, situando a ocupação humana mais antiga da área, até agora conhecida, no limite Pleistoceno-Holoceno (LOURDEAU et al., 2014; 2016; SANTOS et al., 2021). Associado ao interesse arqueológico desenvolveu-se, por meio de parceria de pesquisa, interesse na investigação de indícios que pudessem esclarecer a respeito do contexto paleoambiental. De modo que neste trabalho são apresentados os resultados e interpretações vinculados às análises geoquímicas e físicas relacionadas aos materiais e coberturas pedogenizadas que caracterizam as vertentes no contexto pedogeomorfológico do alto vale do rio Uruguai e do Planalto Dissecado do rio Uruguai, na região oeste de Santa Catarina e noroeste do Rio Grande do Sul. O principal objetivo deste estudo foi o de analisar os graus de intemperismo das formações superficiais e estabelecer relações entre fatores pedológicos e geomorfológicos na gênese e transformação da paisagem natural.

A ideia vinculada à maior antiguidade dos solos das superfícies de cimeira do Planalto Brasileiro constituindo materiais mais intemperizados que os solos dos compartimentos mais rebaixados estão implícitos em vários autores. Motta et al., (2002) caracterizaram coberturas pedogenizadas relativas à Superfície Sul-Americana de King (1956) nas proximidades de Goiânia (GO) – Planalto Central – como Latossolos muito argilosos e de índices de intemperismo Ki bastante baixos, atestando dessa maneira que às superfícies de aplainamento antigas estão relacionadas coberturas pedológicas profundas e muito intemperizadas. O levantamento exploratório das associações de solos para o Planalto Dissecado do rio Uruguai, ao sul de Laranjeiras de Sul, dá conta de áreas expressivas de ocorrência de Latossolos que ocupam quase sempre as posições mais conservadas do relevo (RADAM, 2018, p.450). Vale destacar também que quanto mais antigo o manto de intemperismo mais fina se torna

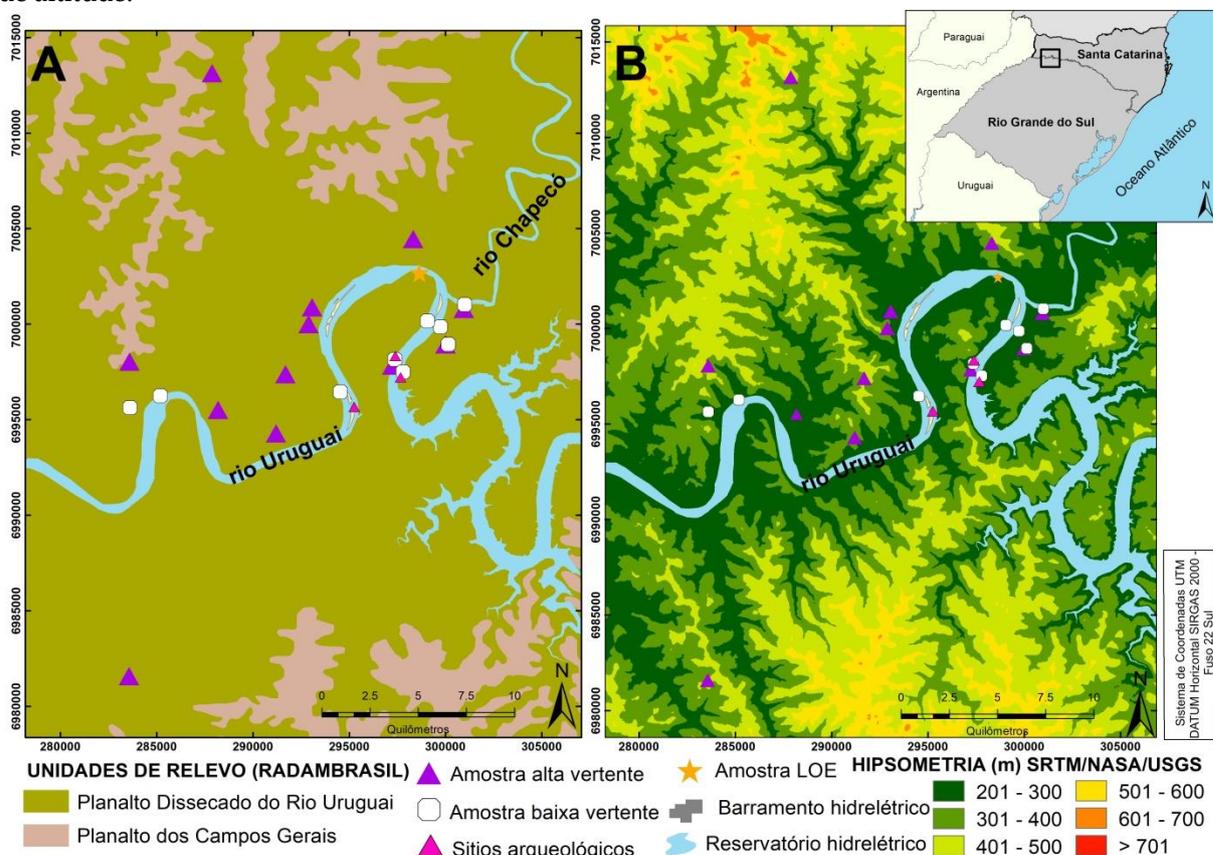
sua textura (HARDEN, 1982) apresentando-se em geral bastante argilosa, como é típico de solos muito intemperizados.

O contexto geológico-geomorfológico do alto vale do rio Uruguai, aqui considerado, é aquele resultante dos derrames basálticos mesozoicos, ocorridos durante o Evento Sul-Atlântico, com um clímax entre 133 e 129 Ma (RENNE et al., 1992; MARQUES e ERNESTO, 2004). O contexto pós-derrame foi o cenário inicial para o desenvolvimento dos mantos de intemperismo originados do basalto na porção sul da Bacia do Paraná (RIFFEL et al., 2016), incluindo aí a região oeste de Santa Catarina e noroeste do Rio Grande do Sul.

Esses mantos de intemperismo pedogenizados são o resultado das várias mudanças na paisagem a partir da interação entre fatores de ordem geológico-tectônico, climática, geomorfológica e pedológica. Distinguir em que medida cada um desses fatores é mais ou menos importante na gênese e transformação dos mantos de intemperismo e do relevo é que se torna um desafio no conhecimento a respeito da evolução das paisagens terrestres. Claramente, é consensual a ideia de que paisagens dominadas por mantos de intemperismo (soil-mantled landscapes) são o resultado do balanço entre pedogênese e erosão, dois dos mais importantes processos de modelagem dessas paisagens (BÜDEL, 1957; DOSSETO; BUSS; SURESH, 2012).

## 2. Área de Estudo

A área na qual foram amostrados os sedimentos pedogenizados que subsidiaram as análises e interpretações aqui realizadas compreende a Volta Grande do rio Uruguai, meandro em seu alto curso, na divisa entre os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (região hidrográfica do alto rio Uruguai). Às margens do rio, em ambiente de planície aluvial, se encontram sítios arqueológicos que atestam duas ocupações humanas pré-coloniais na área: a mais antiga relacionada a populações pertencentes a grupos caçadores-coletores (materiais líticos) e a mais recente pertencente à Tradição arqueológica Tupiguarani (materiais cerâmicos) (LOURDEAU et al., 2016; CARBONERA et al., 2018; SANTOS et al., 2021). Os sedimentos amostrados junto ao escopo deste trabalho (Figura 1) referem-se a coberturas pedogenizadas em posições de alta, média e baixa vertente entre as cotas de 200 a 500 metros de altitude.



**Figura 1.** Contexto geomorfológico (A) e altimétrico (B) e localização das amostras analisadas no entorno da Volta Grande do rio Uruguai.

Geologicamente, toda a área abrange o Grupo Serra Geral (Cretáceo Inferior) com basaltos pertencentes à Formação Paranapanema, com textura microgranular cinza, alterações nas faces de disjunção vermelho amarronadas, horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, celadonita, cobre nativo e barita (CPRM, 2014). Segundo Dias e Parisi (2007), as várias sequências de derrame apresentam grande uniformidade textural e, principalmente, composicional.

Em termos estruturais, a rocha basáltica é bastante fraturada apresentando sistemas principais de falhas/diáclases segundo as direções N – W e NE – SW verticalizados ou com fortes mergulhos relacionados a processos tectônicos. Os grandes alinhamentos tectônicos de direção NW, NE e EW, desenvolvidos desde o final do Mesozoico são bastante reconhecidos na literatura para a região centro-sul brasileira (SANTOS et al., 2008). Essas fraturas tendem a condicionar trechos retilíneos dos cursos d'água e cotovelos acentuados na drenagem (ENGEVIX, 2000). Tal fraturamento tende a influenciar na intensidade do intemperismo, que atua mais profundamente ao longo das falhas/diáclases locais, formando solos mais profundos (ENGEVIX, 2000). Outro aspecto característico da litologia é a alteração esferoidal do basalto comum na região e que, via de regra, está associada a um padrão denso e regular de fraturamentos (DIAS e PARISI, 2007).

Do ponto de vista geomorfológico, a área de estudo está inserida no domínio geomorfológico do Planalto Meridional (MONTEIRO, 1968) ou Planalto das Araucárias (IBGE, 2003a), localmente marcado por vales incisos e íngremes que configuram a unidade geomorfológica rebaixada denominada de Planalto Dissecado do Rio Uruguai (RADAM/IBGE, 2018), em processo ativo de elaboração morfogenética (BERTOLINI; DEODORO e BOETTCHER, 2019). O nível altimétrico superior da área aqui considerada é dado pela superfície da unidade geomorfológica Planalto dos Campos Gerais (IBGE, 2003a) (Figura 1) que se apresenta em superfícies mais alteadas de topos aplanados ou levemente convexizados e supostamente associadas a remanescentes de superfícies de aplainamento antigas (KRÖLING et al., 2014).

Tais superfícies encontram-se, no geral, acima de 400 m de altitude. A unidade Planalto Dissecado do rio Uruguai apresenta em seu interior topos também convexizados acima de 400 metros de altitude, vertentes íngremes e vales encaixados com aprofundamento da incisão da ordem de 171 a 250 metros (IBGE, 2005). O nível de base representado pelo rio Uruguai na área encontra-se a cerca de 220 metros de altitude. Sua planície aluvial apresenta-se de forma descontínua com trechos ora mais restritos ou mesmo inexistentes, ora mais ampliados. Os acentuados e declivosos desníveis que separam um compartimento planáltico do outro, sobretudo ao longo do vale do rio Uruguai, são apontados pelo IBGE (2003a), em atualização do mapeamento geomorfológico do RADAM BRASIL, como escarpas erosivas.

A média pluviométrica anual a que está sujeita é de 1732 mm, segundo o Estudo de Impacto Ambiental da UHE Foz do Chapecó (ENGEVIX, 2000), que utilizou os dados da estação pluviométrica de Palmitos (SC). A média de temperatura anual é de 19,1°C na Volta Grande, com a máxima do mês mais frio (julho) de 31,5° C e a mínima do mês mais quente (janeiro) de 8° C (ENGEVIX, 2000).

No geral, as coberturas pedológicas relacionadas ao Planalto Dissecado do rio Uruguai podem ser caracterizadas como rasas e moderadamente a extremamente pedregosas (EMBRAPA, 1998). Já as coberturas relacionadas às superfícies mais alteadas e relativas aos níveis altimétricos do Planalto dos Campos Gerais apresentam profundidades maiores e maiores teores de argila sendo classificadas inclusive como coberturas latossólicas (EMBRAPA, 2014; OLIVEIRA; SOARES; PONTELLI, 2019). Também não são incomuns campos de matações basálticos em porções de alta vertente e no corpo do solo. Almeida et al., (2018) atestaram para três toposequências originadas de basalto no oeste catarinense frações argilosas mineralogicamente representadas por caulinita, seguida por proporções variáveis de esmectita com ou sem hidróxidos de alumínio entrecamadas, goetita e/ou hematita e muito pouca ou ausência de gibbsita.

O levantamento exploratório de solos do Projeto RADAM BRASIL (década de 1980) deu conta de que junto ao Planalto Dissecado do rio Uruguai encontram-se associações de solos nas quais se destacam Cambissolos eutróficos, Neossolos Litólicos eutróficos e Latossolos (Roxo e Bruno), estes últimos ocupando as porções de topo dessa unidade geomorfológica (EMBRAPA, 1998; RADAMBRASIL/IBGE, 2018, p.450).

### 3. Materiais e Métodos

A abordagem empírica para análise dos sedimentos pedogenizados na área de estudo foi baseada em coletas de amostras representativas do manto de intemperismo (coberturas pedogenizadas) em posições topográficas de baixa vertente, incluindo os ambientes de planície fluvial, e de alta vertente, incluindo as superfícies de topo de

morro, supostamente representativas de mantos de alteração antigos e profundos. Foram analisadas ao todo 26 amostras no que se refere a: horizonte/camada pedológica, espessura, granulometria, %SiO<sub>2</sub>, %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %TiO<sub>2</sub>, %MnO, índices Ki, Kr e STI e altitude ortométrica. As análises granulométricas e geoquímicas foram realizadas com amostras retiradas da profundidade média de cada um dos horizontes amostrados. As altitudes tomadas à superfície dos perfis pedológicos com GPS foram corrigidas de acordo com o Sistema de Interpolação de Ondulação Geoidal SIRGAS 2000 (IBGE, 2015) para obtenção das altitudes ortométricas. Para comparação entre as médias percentuais dos principais óxidos e índices anteriormente mencionados foi aplicado o teste estatístico t (Student), para amostras independentes e nível de significância de 0,05, mediante prévia verificação e ateste de normalidade dos dados pelo teste de Shapiro Wilk. Os testes foram realizados por meio do suplemento Real Statistics Resource Pack no Excel®.

Para as análises granulométricas foram utilizados 20 g de TFSA, hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 1,5 mol/L como defloculante e agitação recíproca por 16 horas. Foi utilizado o método da pipeta e os cálculos foram feitos conforme Ruiz (2005).

À medida que os solos evoluem, sua composição mineral começa a depender mais do ambiente de intemperização do que da composição do seu material de origem. Por esta razão, as associações de argilominerais nos solos são consideradas indicadoras do grau de seu desenvolvimento (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009, p.351). Nesse sentido, foram empreendidas análises de amostras da fração fina por meio do método de ataque sulfúrico para determinação dos percentuais de Fe, Al, Si, Ti e Mn e análise dos estágios de evolução e intemperização dos perfis pedológicos dos quais fazem parte essas amostras. O princípio do método de ataque sulfúrico consiste na solubilização de amostras de solo com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, visando a determinação de relações moleculares (Ki e Kr), o que permite a avaliação de estágios de intemperização de solos (DONAGEMA et al., 2011). O extrato sulfúrico produzido com essa força iônica pressupõe que somente minerais secundários (argilominerais, óxidos e hidróxidos) são dissolvidos e assim os percentuais de Fe, Al, Si, Ti são próximos aos da fração coloidal do solo (DONAGEMA et al. 2011, p.140). As amostras foram analisadas nos laboratórios da ESALQ/USP em Piracicaba (SP). Para determinação do SiO<sub>2</sub> foi empregada extração por solução NaOH<sub>2</sub>O e determinação por gravimetria; para Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, complexometria pelo EDTA; para TiO<sub>2</sub>, método colorimétrico através da oxidação da matéria orgânica; para Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MnO, extração por ataque sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50%).

O Ki é calculado em função dos valores expressos em % de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, conforme a Eq. (1):

$$Ki = \%SiO_2 \times 1,70 / \%Al_2O_3 \quad (1)$$

O Kr é calculado em função dos valores expressos em % de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, divididos pelos seus respectivos pesos moleculares, conforme a equação a Eq. (2):

$$Kr = \frac{\%SiO_2}{\frac{0,6}{1,02}} + \left( \frac{Fe_2O_3}{1,60} \right) \quad (2)$$

Os valores dos índices Ki e Kr, considerados como índices de intemperismo, representam o quociente da divisão de um elemento de grande mobilidade – o silício – em relação a outros dois de baixa mobilidade – o alumínio e o ferro (LEPSCH, 2011). Sendo assim, valores iguais ou menores que 2,0 desses índices são indicativos de avançados estágios de intemperismo. E valores maiores que 2,0 são representativos de estágios pouco avançados de intemperismo (MELFI e PEDRO, 1977; LEPSCH, 2011). Valores de Ki maiores que 2,0 também indicam ocorrência de argilas do tipo 2:1 como, por exemplo, montmorillonita e vermiculita e valores de Ki abaixo de 2,0 indicam que parte do alumínio do solo encontra-se livre na forma de óxidos, demonstrando um processo de intemperismo atuante há longo tempo (LEPSCH, 2011). Também nesse quesito intemperismo foi calculado o índice de sílica-titânio (STI). Trata-se de um índice que mensura o intemperismo baseado nas taxas dos elementos menos mobilizáveis do material intemperizado (sílica e titânio). Quanto mais baixo o valor desse índice maior seu grau de intemperismo (TABOADA et al., 2016).

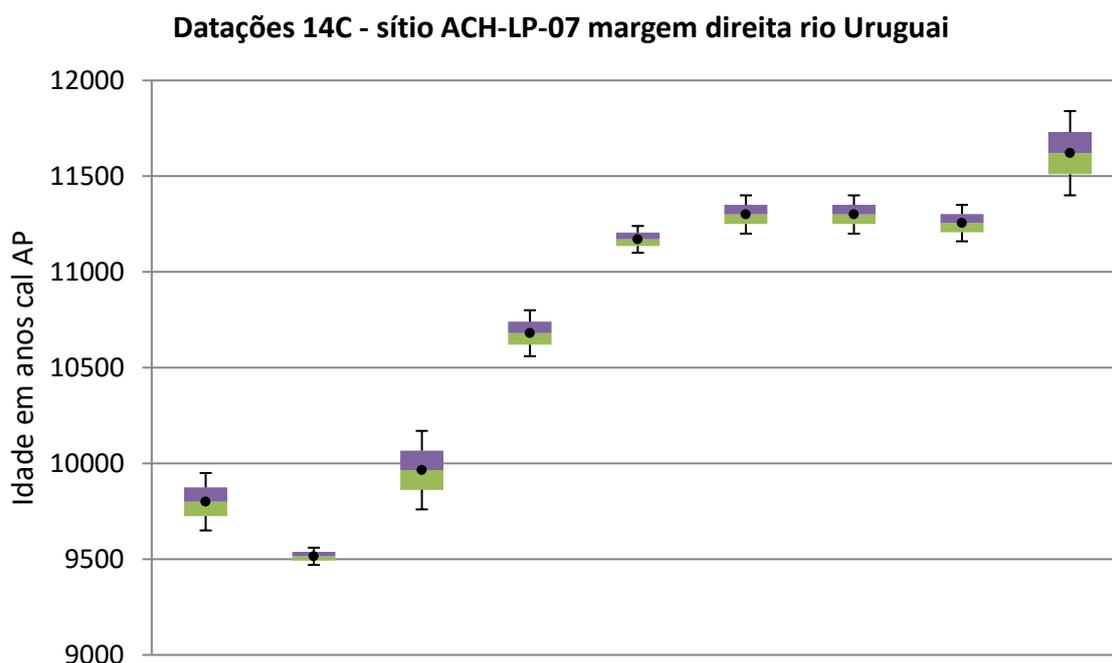
As idades radiocarbônicas foram obtidas de carvões encontrados em meio à cobertura pedológica da planície aluvial no sítio arqueológico da margem direita do rio Uruguai (ACH-LP-7), correspondente ao ponto P2 (Tabela 1). Tais carvões estão associados a níveis arqueológicos horizontalizados e não remobilizados (LOURDEAU et al., 2016). A profundidade de coleta das amostras de <sup>14</sup>C variou entre 0,35 e 1,65 metros, a partir da superfície. As datações foram realizadas no Laboratório de Ciências do Clima e do Ambiente em Gif-sur-Yvette, França, para o sítio ACH-LP-07. As datações foram calibradas por meio do software OxCal (Bronk Ramsey e Lee, 2013) segundo a curva de calibração IntCal13 (REIMER et al., 2013).

Foi também realizada uma datação por LOE nos sedimentos aluviais localizados na margem esquerda do rio Uruguai (298.653 long UTM/7.002.672 lat UTM) a jusante das amostras de  $^{14}\text{C}$ . A profundidade dessa amostra foi de 2,85 metros abaixo da superfície atual da planície no local da coleta. A taxa de dose foi estimada por espectrometria gama com detector HPGe em blindagem ultralow background. A dose equivalente foi determinada pelo protocolo SAR em alíquotas multigrãos de quartzo. As medidas de luminescência opticamente estimulada foram realizadas em leitor Lexsyg Smart equipado com fonte de radiação beta (Sr/Y) com taxa de dose de 0.118 Gy/s. A preparação das alíquotas de quartzo envolveu: (i) peneiramento a úmido para aquisição da fração 180-250  $\mu\text{m}$ ; (ii) ataque com  $\text{H}_2\text{O}_2$  para eliminação de matéria orgânica, ataque com  $\text{HCl}$  10% para eliminação de carbonatos; (iii) separação densimétrica de minerais pesados e leves ( $\text{LMT} = 2,75 \text{ g/cm}^3$ ) e separação de quartzo ( $\text{LMT} = 2,62 \text{ g/cm}^3$ ); (iv) ataque com  $\text{HF}$  38% por 40 min para eliminação da camada externa dos grãos de quartzo e feldspatos remanescentes. Dose equivalente da amostra calculada pelo modelo de idade central (Central Age Model). Somente alíquotas com razão de reciclagem (*recycling ratio*) entre 0,9 e 1,1, recuperação inferior a 5% e sem contaminação por feldspato (sinal IR) foram consideradas para cálculo da dose equivalente. O teste de dose recovery foi feito para a amostra (5 alíquotas, pré-aquecimentos de  $220^\circ\text{C}$  e  $180^\circ\text{C}$ , dose administrada de 15 Gy). O fotoesvaziamento foi feito no leitor Lexsyg Smart. A razão entre as doses calculadas e administradas foi  $1,00 \pm 0,01$ .

#### 4. Resultados e Discussão

##### 4.1. Datações por $^{14}\text{C}$ e LOE

As datações de  $^{14}\text{C}$  das coberturas pedogenizadas junto aos sítios arqueológicos de ambas margens atestam idades variando de 12.000 anos cal AP até o presente. Na margem direita (sítio ACH-LP-07 – Figura 2) foram obtidas datas calibradas ( $2^\circ$ ) entre 11.500 – 11.250 anos cal AP e 9.560 – 9.470 anos cal AP. Dentro da espessura de cerca de 2 metros do pacote fluvial amostrado na margem direita podem ser percebidas datações agrupadas em diferentes fases: 12.000 a 11.400 anos; 11.400 a 11.000 anos; 11.000 a 10.400 anos e 10.400 a 9.400 anos. No entanto, do ponto de vista granulométrico e morfológico não há diferenças significativas ao longo da espessura desse pacote, à exceção dos níveis arenosos à superfície, relacionados às últimas cheias do canal. Tal homogeneidade sugere que, ao menos nesse trecho da planície junto ao sítio arqueológico, o processo pedogenético do manto de intemperismo aconteceu, *pari passu* ao regime hidrológico do rio Uruguai, sem grandes perturbações durante o Holoceno Inicial. As idades radiocarbônicas provenientes dos níveis arqueológicos não perturbados indicam a correlação cronológica dessa cobertura pedológica, de fato, ao Holoceno Inicial (Lourdeau et al. 2016).



**Figura 2.** Datações por  $^{14}\text{C}$  da margem direita do rio Uruguai junto ao sítio arqueológico ACH-LP-07 (município de Águas de Chapecó – SC).

A datação por LOE de grãos de quartzo na planície do rio Uruguai atesta uma idade de  $16,169 \pm 1,145$  anos. Idade tradicionalmente associada a um período climático frio e seco (IRIONDO e GARCIA, 1993; GUPTA, 2011), correspondente ao Último Máximo Glacial. Portanto, é de se considerar que as coberturas pedológicas da planície demonstram um processo de pedogênese progressiva (PHILLIPS, 1993), com influência de erosão e deposição fluvial intermitentes, em condições de clima mais frio que o atual e anterior à transição Pleistoceno/Holoceno até o presente.

Todas as datações de  $^{14}\text{C}$  atestam a constituição do pacote sedimentar da planície do rio Uruguai ocorrida ao longo dos últimos 12.000 anos, datada, portanto, desde a transição Pleistoceno-Holoceno. A datação por LOE amplia essa temporalidade mas ainda mantendo-a dentro da fase climática seca e fria associada aos efeitos do Último Máximo Glacial. A falta de diferenciação clara em termos morfológicos e texturais no pacote sedimentar pedogenizado tende a indicar um processo mais ou menos contínuo segundo um regime fluvial de baixa energia hidrodinâmica que não deixou marcas de grandes modificações no registro sedimentar da planície do rio Uruguai no trecho da Volta Grande.

#### 4.2. Análises granulométricas, geoquímicas e do intemperismo

Foram amostradas dez coberturas pedogenizadas de baixa vertente, totalizando quatorze amostras. Dessas quatorze amostras, onze foram de ambiente de planície aluvial e duas em posição fora do leito maior. Estas duas últimas, embora sejam de natureza distinta, não representaram alteração no teste t de comparação entre as médias dos parâmetros analisados, motivo pelo qual foram tratadas dentro do mesmo conjunto de amostras de baixa vertente. Os sedimentos são relativos a horizontes B e BC para as planícies, e horizontes A e AB para as amostras fora da planície aluvial e variaram em uma faixa altimétrica entre 209 e 233 m. Para a posição de alta vertente foram amostradas doze coberturas pedogenizadas, variando entre 229 e 473 metros de altitude e totalizando, nesse caso, quinze amostras relativas a horizontes pedológicos B, BC e C (Tabela 1).

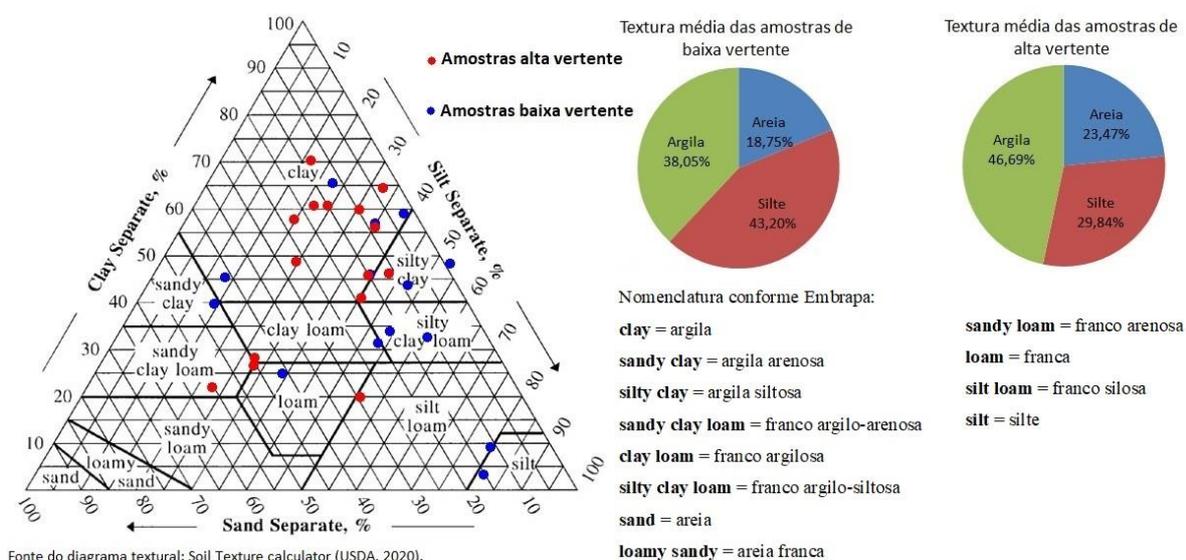
**Tabela 1.** Dados morfológicos e texturais das amostras analisadas

Posição	Ponto	Horizonte/profundidade (cm)	Altitude ortométrica (m)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação textural - SBCS
Baixa vertente e planície aluvial	P1	B1 60 - 77	226	15,75	38,76	45,50	Argila
		B2 78 - 300+		9,94	46,84	43,22	Argila siltosa
	P2	B1 31 - 76	225	47,23	13,58	39,20	Argila arenosa
		BC 158 - 190		42,39	12,78	44,83	Argila
	P7	B 213	225	18,06	48,54	33,40	Franco argilo siltosa
	P6	B2 101 - 140	228	11,84	56,06	32,10	Franco argilo siltosa
		B3 141 - 190		16,34	80,90	2,76	Silte
	P13	B 110 - 120	212	12,82	22,16	65,02	Muito argilosa
	P28	BC 70 - 80	233	12,19	79,2	8,61	Franco siltosa
	P36	B 70 - 80	222	9,30	34,20	56,51	Argila
	P61	B1 70 - 137	230	0	52,22	47,78	Argila siltosa
		B2 200		3,01	38,48	58,52	Argila
	P80	A 10 - 20	231	42,22	33,51	24,26	Franca
	P81	AB 20 - 25	209	21,47	47,62	30,92	Franco argilosa

Média/alta vertente e topo

P3	B 10 - 56	229	4,19	31,8	64,01	Muito argilosa
P37	BC 34 - 105	265	12,14	42,11	45,75	Argila siltosa
P27	BC 21 - 38	248	30,53	50,13	19,34	Franco siltosa
P15	B 60 - 70	284	19,77	39,82	40,41	Argila
P20	B 36 - 105	261	14,31	15,93	69,76	Muito argilosa
	AC 0 - 45		46,52	27,5	25,98	Franca
P32	C1 46 - 70	400	45,44	26,84	27,72	Franco argilosa
	C2 71 - 140		56,35	22,26	21,39	Franco-argiloarenosa
P59	B 120	473	16,14	23,77	60,10	Muito argilosa
P73	BC 75 - 140	417	16,21	38,56	45,23	Argila
P82	B 5 - 15	404	27,78	23,99	48,23	Argila
P108	A 0-5	245	9,77	34,74	55,49	Argila
P110	B1 30-70	365	23,55	19,22	57,24	Argila
	B2 71 - 128		18,53	21,18	60,28	Muito argilosa
P111	B 50-60	408	10,76	29,82	59,42	Argila

A classificação textural das amostras permitiu o reconhecimento de mantos de intemperismo pedogenizados de textura fina, com predomínio de argila e silte (Figura 3).



**Figura 3.** Diagrama textural e textura média dos conjuntos de amostras de baixa e alta vertente – Planalto Dissecado do rio Uruguai.

Ressalta-se uma proporção média maior de silte para o conjunto das amostras de baixa vertente enquanto a proporção média maior para o conjunto das amostras de alta vertente é dada por argila (Figura 3). A maior proporção de argila para as amostras de alta vertente é condizente com mantos de intemperismo mais intemperizados na comparação com as amostras de baixa vertente. A significativa presença de silte em coberturas derivadas de rochas máficas, como o basalto, é comum (RESENDE et al., 2011). O papel das cheias do canal pode influenciar de modo especial na acumulação de silte em determinados trechos marginais, conforme o relevo e a velocidade de regressão das águas ao canal. As coberturas pedológicas de baixa vertente na Volta Grande podem ser entendidas como coberturas mistas de natureza colúvio-aluviais (sobretudo no ambiente aluvial) e elúvio-colúviais (fora do ambiente aluvial) com predomínio de textura argilosa para os materiais de alta vertente e uma relativa maior heterogeneidade das amostras de baixa vertente, devido ao remanejamento e transporte por parte do escoamento superficial e fluvial.

Os cascalhos e calhaus (fração > 2 mm) são comuns sobretudo nos mantos de intemperismo de média e alta vertente e apresentam menor grau de arredondamento quanto maior a granulometria e, por vezes, maior concentração a diferentes profundidades no manto de intemperismo e facilidade de desmanche no preparo da TFSA, demonstrando assim tratar-se de material de baixa solidez e proveniente de alteração recente da rocha matriz. É muito comum na fração arenosa a presença de minerais magnéticos de cor escura e brilho metálico, (magnetita/titanomagnetita).

As análises geoquímicas representativas sobretudo do horizonte B das coberturas pedológicas apresentaram valores médios de Ki muito semelhantes para o conjunto das amostras de alta e baixa vertente: média de 3,69 para as amostras de baixa vertente e média de 3,25 para as amostras de média/alta vertente. Apenas duas amostras de alta vertente apresentaram Ki menor que 2,0 (iguais a 1,6), indicativo de cobertura em estágio de intemperização mais avançado. Todavia, dada a predominância de índices Ki superiores a 2,0 pode-se dizer que as coberturas de topo e de fundo de vale demonstram ser coberturas pedológicas jovens e pouco intemperizadas, apesar de poder haver ainda na paisagem resquícios de coberturas mais antigas atestadas pelo Ki abaixo de 2,0. A proximidade à rocha basáltica das coberturas de média/alta vertente corrobora a afirmação de que sejam jovens (Figura 4). A variação do Ki para as amostras de baixa vertente foi de 2,85 entre o menor e o maior índice, enquanto para as amostras de média/alta vertente foi de 3,35. Dentre as amostras de média/alta vertente destaca-se que também aquelas referentes aos topos de morro, igual ou acima de 400 metros de altitude, apresentaram Ki superior a 2,0, à exceção dos dois pontos já mencionados anteriormente.



**Figura 4.** Rocha basáltica próxima à superfície, sob cobertura pedogenizada de caráter coluvial em posição de topo de morro a cerca de 400 metros de altitude.

O índice Kr da mesma forma que o índice Ki demonstra o grau de intemperismo do material. No entanto o Kr se relaciona à soma das proporções dos dois elementos menos móveis, o alumínio e o ferro e não apenas ao alumínio como acontece no índice Ki. A média aritmética para o conjunto de amostras de baixa vertente foi de 1,90 enquanto essa média para o conjunto de amostras de média/alta vertente foi de 1,78, com desvio padrão menor que 0,5 para ambos conjuntos de dados (Tabela 2). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias do Kr e Ki entre as amostras de baixa e média/alta vertentes, de acordo com o teste t de Student.

O índice STI atesta a mesma tendência do Ki e também não apresentou diferença significativa entre as médias dos dois conjuntos de amostras. Apresentou uma média de 57,3 para o conjunto das amostras de baixa vertente, praticamente igual à média de 56,6 para o conjunto de amostras de média/alta vertente, com desvio padrão de 7,93 e 7,31 respectivamente. O agrupamento de materiais pedogenizados (horizontes B) no contexto de planície aluvial apresentou menor variação em termos do STI demonstrando um padrão mais homogêneo em si e na comparação com as amostras de topo e alta vertente (Figura 5).

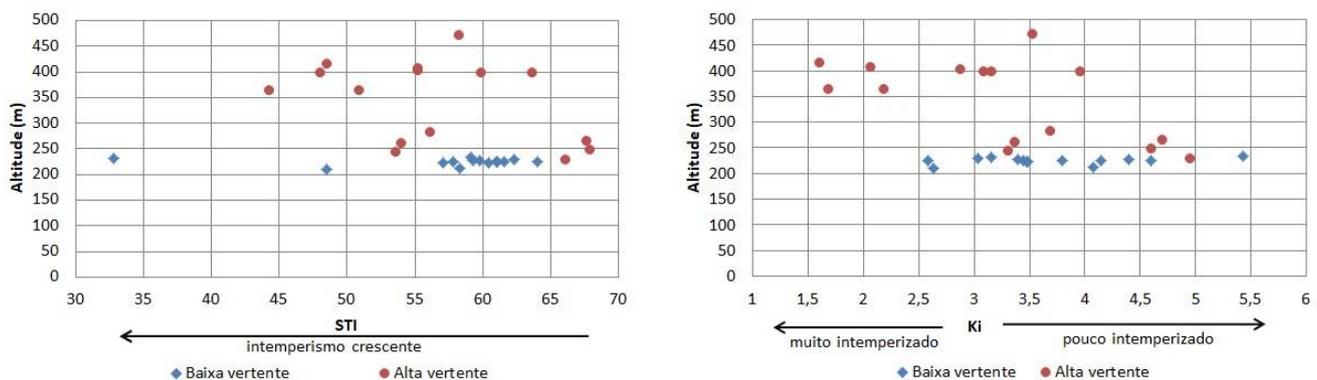


Figura 5. Relação entre índices STI, Ki e altitude.

Os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{SiO}_2$  dos sedimentos intemperizados (Tabela 2) apresentaram uma média levemente maior para aqueles de média/alta vertente quando comparados aos teores das amostras de baixa vertente. No entanto, não foram significativamente diferentes do ponto de vista estatístico, assim como para o  $\text{TiO}_2$  que também é bem próxima para ambos conjuntos de sedimentos. A diferença entre as médias de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  para as amostras de baixa e alta vertente foi significativa, de acordo com o Teste t ao nível de significância de 0,05. Média de 11,33% para os de baixa vertente e 13,54% para média/alta vertente, sem ocorrência de outliers. Tais óxidos são indicadores dos elementos menos móveis nos perfis de intemperismo. O  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se mostrou como o único óxido distintivo entre os dois conjuntos de amostras de acordo com a altitude, sugerindo que as amostras de alta vertente possam ser remanescentes de coberturas mais antigas. No entanto, os outros parâmetros geoquímicos não permitem fazer este tipo de afirmação. Tal situação condiz com um contexto de rejuvenescimento das coberturas pedogênicas nos topos de morro e encostas do Planalto Dissecado do rio Uruguai. Nesse sentido, propõe-se a hipótese de que os solos das superfícies de cimeira (topo) têm apresentado uma pedogênese regressiva (PHILLIPS, 1993) em estreita relação com condições de morfogênese ativa holocênica e provavelmente mesmo anteriores a isso, considerando-se o aprofundamento do vale. A presença de desdobramentos topográficos dos extensos setores de vertente da região junto a tais condições de morfogênese ativa significaram remanejamentos de curtas distâncias nas porções de alta e média vertente, constituindo depósitos coluviais a partir dos sedimentos previamente intemperizados.

Os baixos índices de intemperismo, atestados tanto pelo Ki quanto pelo STI, são indicativos de processo pedogenético pouco avançado no contexto das baixadas e encostas do Planalto Dissecado do rio Uruguai. Esses índices não permitem, todavia, distinguir a natureza do processo pedogenético a diferentes altitudes em escala de vertente. Levando-se em conta as encostas íngremes, rampas alongadas comuns e a energia potencial erosiva envolvida nesse sistema, pode-se apenas supor que tenha havido um remanejamento de sedimentos pouco intemperizados para as médias e baixas vertentes, situação condizente com uma condição morfogenética ativa e em pleno desenvolvimento. Tal condição é coerente com o fato da rede de drenagem escoar predominantemente em leito rochoso e exercer um papel de incisão ativa, desde os menores canais até os de maior ordem conforme já apontado por Bertolini, Deodoro e Boettcher (2019). Tomando-se como marco temporal da transição

Pleistoceno-Holoceno o pacote pedogenizado de textura fina da margem direita do rio Uruguai, é possível entender que este caracteriza um evento mais ou menos contínuo de deposição aluvial, constituição e espessamento da cobertura pedogenizada que ocorre desde pelo menos o início do Holoceno.

Tabela 2. Dados geoquímicos das amostras analisadas

Ponto	Posição na vertente	Horizonte /profundidade (cm)	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% TiO <sub>2</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% MnO	Ki	Kr	STI
P1	Baixa (planície)	B1 60 – 77	27	12,08	3,55	17,25	0,15	3,8	2,09	61
		B2 78 – 300 <sup>+</sup>	29,5	12,08	3,04	17,48	0,14	4,15	2,27	64
P2	Baixa (planície)	B1 31 – 76	17,9	8,84	3,04	15,08	0,07	3,44	1,73	57,8
		BC 158 - 190	20,3	13,38	2,45	14,83	0,02	2,58	1,59	61,6
P7	Baixa (planície)	B 213	26,2	10,44	3,29	17,43	0,09	4,27	2,17	61,1
P6	Baixa (planície)	B2 101 – 140	24,3	12,18	3,72	18,8	0,14	3,39	1,8	59,3
		B3 141 - 190	26,4	10,2	3,56	18,3	0,12	4,4	2,16	59,8
P13	Baixa (planície)	B 110 - 120	25,3	10,53	3,87	19,86	0,14	4,08	1,95	58,3
P28	Baixa (planície)	BC 70 – 80	29,8	9,33	3,71	19,98	0,68	5,43	2,41	59,1
P36	Baixa (planície)	B 70 – 80	25	12,23	4,44	22,95	0,19	3,48	1,66	57,1
P61	Baixa (planície)	B1 70 - 137	24,5	12,02	3,46	15,16	0,25	3,47	2,02	60,4
		B2 200	27,8	15,6	3,34	12,64	0,2	3,03	2,1	62,3
P80	Baixa	A 10 – 20	16,2	8,75	11,88	21,43	0,32	3,15	1,29	32,8
P81	Média/baixa	AB 20 - 25	16,9	10,93	5,81	16,82	0,24	2,63	1,39	48,5
		Média aritmética	24,08	11,33	4,23	17,72	0,20	3,69	1,90	57,36
		Desvio padrão	4,50	1,87	2,34	2,79	0,16	0,79	0,33	7,93
P3	Média	B 10 - 56	34,8	11,94	2,91	22,91	0,04	4,95	2,34	66,1
P37	Média	BC 34 - 105	33,4	12,08	2,51	22,04	0,11	4,7	2,28	67,6
P27	Média/alta	BC 21 - 38	33,1	12,23	2,45	20,36	0,14	4,6	2,35	67,9
P15	Alta	B 60 - 70	26,1	12,03	4,82	27,56	0,1	3,69	1,57	56,1
P20	Alta	B 36 - 105	23,1	11,69	5,06	25,91	0,1	3,36	1,46	54,0
		AC 0 - 45	18,4	10,15	6,02	20,37	0,3	3,08	1,42	48,0
		C1 46 - 70	24,9	13,44	3,69	19,67	0,16	3,15	1,71	59,9
P32	Alta	C2 71 - 140	28,4	12,18	3,06	20,28	0,08	3,96	2,02	63,6
		B 120	29,6	14,29	4,87	19,41	0,15	3,52	1,98	58,2
P73	Alta	BC 75 – 140	14,3	15,21	5,16	15,49	0,1	1,6	1,02	48,5
P82	Alta	B 5 - 15	25,5	15,11	5,49	18,68	0,14	2,87	1,69	55,2
P108	Alta	A 0 - 5	25,2	12,99	5,72	9,09	0,09	3,3	2,4	53,6

P110	Alta	B1 30 - 70	14,8	14,97	7,79	12,24	0,27	1,68	1,16	44,2
		B2 70 - 128	20,1	15,71	6,18	10,28	0,19	2,18	1,61	50,9
P111	Alta	B 50-60	23,2	19,12	4,87	9,89	0,08	2,06	1,63	55,2
		Média aritmética	24,99	13,54	4,71	18,28	0,14	3,25	1,78	56,60
		Desvio padrão	6,32	2,23	1,52	5,73	0,07	1,05	0,44	7,31

## 5. Conclusões

A geoquímica dos principais óxidos das coberturas pedogenizadas da região oeste de Santa Catarina, no contexto do alto vale do rio Uruguai e do Planalto Dissecado do rio Uruguai, atesta solos de baixo grau de intemperismo tanto nas posições de topo quanto de fundo de vale, dentro de uma faixa altimétrica entre 200 e 500 metros de altitude.

A caracterização geomorfológica e das coberturas pedogenizadas no Planalto Dissecado do rio Uruguai permitiu afirmar que a espessura do manto de intemperismo no vale da Volta Grande é heterogênea, principalmente na comparação entre as porções de baixa e alta vertente. As coberturas no contexto da planície do rio Uruguai são, no geral, descontínuas, profundas, com cerca de 5 metros, e de granulometria fina, enquanto as coberturas de média/alta vertentes inclusive de topos tendem a ser rasas ou pouco profundas e cascalhentas a muito cascalhentas.

Nas baixas vertentes tais coberturas são condicionadas pelo trabalho fluvial e pela profundidade em que se encontra a rocha sã. Tal profundidade e sua variação é decorrência da espacialidade do balanço erosão/pedogênese que, por sua vez, é condicionada pelos desdobramentos mais ou menos extensos de segmentos das médias e altas vertentes. Tais desdobramentos permitiram, na evolução geomorfológica recente da área, a acomodação de pequenas coberturas coluviais nas médias encostas. A evolução de longo termo dessas coberturas está relacionada ao trabalho desnudacional dos agentes morfogenéticos e parece ser coerente com uma influência estrutural ainda desconhecida mas capaz de ter fornecido energia ao sistema de modo a sustentar uma erosão e uma desnudação das coberturas antigas e a renovação progressiva e vigente (desde pelo menos o início do Holoceno) do front de intemperismo. Nesse sentido, e de modo geral, pode-se falar em solos sendo formados no ambiente aluvial e de baixa vertente e afinados nas encostas e topos.

No contexto das coberturas aluviais do rio Uruguai e dos sítios arqueológicos a elas associadas, os dados sedimentares demonstram que não ocorreram mudanças no sistema de deposição a ponto de marcar zonas de contato abruptas no manto de intemperismo e associáveis a ambientes muito diferenciados de deposição. O sistema deposicional parece ter sido regido por um sistema fluvial de baixa energia, materializando seqüências estratigráficas com superfícies de contato difusas (SANTOS, 2018; SANTOS et al., 2021) ao longo dos últimos 11.000 anos.

A partir das observações e análises reunidas, entende-se que:

- Em termos de idade relativa com base nos dados geoquímicos, existem coberturas recentes tanto nas posições topográficas mais elevadas quanto nas mais baixas. Contudo, as coberturas com horizonte B em topo de morro tendem a ser mais antigas – média %  $Al_2O_3$  maior em relação à média das coberturas de baixa vertente. Tal situação sugere que essas coberturas de topo sejam resquícios de uma cobertura mais ampla e profunda, como as encontradas nas cotas mais elevadas do Planalto Basáltico na região, a exemplo das superfícies de Erval Grande ou de Chapecó (OLIVEIRA; SOARES; PONTELLI, 2019).

- A situação anterior condiz com um contexto de rejuvenescimento das coberturas pedogenizadas nos topos de morro do Planalto Dissecado do rio Uruguai, em contexto de morfogênese ativa e renovação subsuperficial do front intempérico.

- Os baixos índices de intemperismo são indicativos de uma pedogênese recente em todo o compartimento do Planalto Dissecado do rio Uruguai condizente com uma condição morfogenética ativa e em pleno desenvolvimento desde pelo menos o Holoceno.

- Na relação com as condições climáticas, não foi possível distinguir claramente a partir do contexto pedostratigráfico de planície mudanças que pudessem ser relacionadas a transições climáticas abruptas holocênicas devido à predominância de coberturas argilo-siltosas indiferenciadas em sua profundidade.

- A maior parte do volume da planície de inundação do rio Uruguai na Volta Grande é composto de sedimentos finos (argila e silte) com participação fluvial e coluvial na sua gênese.
- As datações radiocarbônicas indicam uma cobertura pedológica desenvolvida na planície de inundação, desde a transição Pleistoceno/Holoceno até o presente.
- Os índices de intemperismo Ki e STI mensurados são concordantes em representar coberturas pouco intemperizadas nos vales dissecados do alto rio Uruguai.
- No âmbito do Planalto Dissecado do rio Uruguai o grau de intemperização e o baixo desenvolvimento de horizontes pedogenéticos das coberturas de topo não são condizentes com a presença de remanescentes de superfícies aplainadas para as superfícies em torno de 400 – 500 metros de altitude. Parece mais razoável supor o desenvolvimento e transformação das coberturas superficiais do vale por diferentes velocidades de decomposição do material parental e erosão dos mantos de intemperismo.

**Contribuições dos Autores:** William Zanete Bertolini: concepção do trabalho, aquisição de financiamento, metodologia, análise formal, preparação de dados, campo, redação, submissão e revisão. Marcos Cesar Pereira Santos: campo, obtenção dos dados de <sup>14</sup>C e discussão dos resultados. Antoine Lourdeau: aquisição de financiamento para as datações radiocarbônicas, campo e obtenção dos dados radiocarbônicos. Mirian Carbonera: campo e obtenção dos dados radiocarbônicos. Luis Felipe Soares Cherem: discussão dos resultados e revisão.

**Financiamento:** Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ, via Edital Universal 01/2016. Processo nº 408079/2016-9.

**Agradecimentos:** Aos arqueólogos(as) da Missão Franco-Brasileiro sobre os primeiros povoamentos do Alto rio Uruguai pelo apoio em campo.

**Conflito de Interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.

## Referências

1. AB'SABER, A.N. Summit surfaces in Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*. 30, 3, p.515-516, 2000.
2. ALMEIDA, J.A.de.; CORRÊA, J.; SCHMITT, C. Clay mineralogy of basaltic hillsides soils in the Western State of Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 42, p.1-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170086>
3. BERTOLINI, W.Z.; DEODORO, S.; BOETTCHER, N. Análise morfométrica da bacia do rio Barra Grande – oeste de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v.20, n.1, p.1-15, 2019.
4. BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. Significado paleogeográfico e paleoclimático dos depósitos rudáceos. *Boletim Paranaense de Geografia*, n.16 e 17, 1965a.
5. BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. *Boletim Paranaense de Geografia*, n.16 e 17, 1965b.
6. BIGARELLA, J.J. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*, v.3. Editora da UFSC, Florianópolis. 2003.
7. BÜDEL, J. Die "Doppelten Einebnungsflächen" in den feuchten Tropen. *Z. Geomorphol*. 1., p.201-228, 1957.
8. CARBONERA, M.; DA SILVA, S.F.S.M.; LOURDEAU, A.; HERBERTS, A.L.; KUCZKOVSKI, F.; HATTÉ, C.; FONTUGNE, M.; ONGHERO, A.L.; BRIZOLA, J.P.; SANTOS, M.C.P. A Guarani burial deposit on the upper Uruguay River, Santa Catarina: Excavation and collection of data on the biological and funerary profiles. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Humanas*, v. 13, n. 3, p. 625–644, 2018.
9. CHAMPAGNAC, J.D.; VALLA, P.G.; HERMAN, F. Late-Cenozoic relief evolution under evolving climate: a review. *Tectonophysics*. 614. p.44-65, 2014.
10. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Mapa geológico do Estado de Santa Catarina*. Escala 1:500.000. Wilson Wildner (coord. técnico). 2014.
11. DIAS, A.de A.; PARISI, G.N. *Folha Frederico Westphalen SG-22-Y-C-II* (escala 1:100.000). Programa Geologia do Brasil. Projeto Geologia para Apoio aos Arranjos Produtivos de Gemas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CPRM. Relatório + mapa. 73 p. 2007.
12. DONAGEMA, G. K et al. (orgs). Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627). 2011. 230 p.
13. DOSSETO, A.; BUSS, H.; SURESH, P.O. Rapid regolith formation over volcanic bedrock and implications for landscape evolution. *Earth Planet. Sci. Lett*. 337, p.47–55, 2012.

14. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de Solos do Estado de Santa Catarina**. Escala 1:250.000. 1998.
15. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Informação de Solos Brasileiros**. [https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta\\_publica.html](https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html). 2014. Acesso em 03/09/2019.
16. ENGEVIX. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – UHE Foz do Chapecó**. 326 p. 2000.
17. GODARD, A.; SIMON-COINÇON, R.; LAGASQUIE, J.J. Planation surfaces in basement terrains (chapter 1). In: GODARD, A.; LAGASQUIE, J.-J.; LAGEAT, Y. **Basement Regions**. Springer. Berlin. 306 p. 2001.
18. HARDEN, J.W. A quantitative index of soil development from field descriptions: examples from a chronosequence in central California. **Geoderma**. 28. p.1-28, 1982.
19. IBGE. **Geomorfologia. Folha Chapecó SG-22-Y-C**. Escala 1:250.000. 2003a.
20. IBGE. **Solos. Folha Chapecó SG-22-Y-C**. Escala 1:250.000. 2003b.
21. IBGE. **Mapa de avaliação do relevo**. Levantamento de recursos naturais. v.35. Folhas SG.22/21/23 - Curitiba/Assunción/Iguape. Projeto RADAMBRASIL. Diretoria de Geociência. Escala 1:1.000.000. 2005.
22. IRIONDO, M.H.; GARCIA, N.O. Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years. **Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology**. 101. p.209-220, 1993.
23. KRÖLING, D.; BRUNETTO, E.; GALINA, G.; ZALAZAR, M.C.; IRIONDO, M. Planation surfaces on the Paraná basaltic plateau, South America. In: RABASSA, Jorge.; OLLIER, Cliff (eds). **Gondwana Landscapes in southern South America: Argentina, Uruguay and Southern Brazil**. Springer. p.247-303, 2014.
24. LEPSCH, I. **19 Lições de Pedologia**. Oficina de Textos. São Paulo. 2011.
25. LOURDEAU, A.; CARBONERA, M.; SANTOS, M.C.P.; HOELTZ, S.; FONTUGNE, M.; HATTÉ, C.; SILVA, S.F.S.M.; ROSSINA, P.; OLIVEIRA, L.; COSTA, A.; FOUCHER, C.; RAMALHO, J.B.; KUCZKOVSKI, F.; CAMPOS, J.B.; VIANA, S.A.; HERBERTS, A.L. Pré-história na foz do rio Chapecó. **Cadernos do CEOM**. Estudos arqueológicos regionais. v.29, n.45. Chapecó. p.220-242, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.22562/2016.45.09>
26. LOURDEAU, A.; HOELTZ, S. E.; VIANA, S. A. Early Holocene blade technology in southern Brazil. **Journal of Anthropological Archaeology**, v. 35, n. 1, p. 190–201, 2014. DOI:10.1016/j.jaa.2014.06.003
27. MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. p.169-288, 2001.
28. MARQUES, L.S.; ERNESTO, M.E. O magmatismo toleítico da bacia do Paraná. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.R.; BRITO NEVES, B.B. (coords.) **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de F.F.M. de Almeida**. Beca Produções Culturais, Sociedade Brasileira de Geologia. p.245-263, 2004.
29. MELFI, A.J.; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil – parte 1. **Revista Brasileira de Geociências**. v.7, n.4, 1977.
30. MELO, M.S. de.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J.P.; SAADI, A.; MELLO, C.L. Processos e produtos morfogenéticos continentais. Cap 12. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Ed.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, Cap 12. p. 258-275, 2005.
31. MONTEIRO, C.A.de F. Geomorfologia (cap I). In: **Geografia do Brasil**. Grande Região Sul. v.IV. Tomo I, 2ª ed. Rio de Janeiro. 1968.
32. MOTTA, P.E.F. da.; FILHO, A.de C.; KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; JUNIOR, W. de C.; BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesq. Agropec. Bras**. v.37, n.6. p.869-878, 2002.
33. OLIVEIRA, D.R.M.; SOARES, D.H.; PONTELLI, M.E. Gênese de materiais latossólicos na superfície geomorfológica de Erval Grande – Planalto das Araucárias: primeira aproximação. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Fortaleza – CE. p.1-12, 2019.
34. PAIN, C.F.; OLLIER, C.D. Regolith stratigraphy: principles and problems. **Journal of Australian Geology & Geophysics**. 16, 3, p.197-202, 1996.
35. PAISANI, J.C.; PONTELLI, M.E.; ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências**. v.27. n.4. p.541-553, 2008.
36. PHILLIPS, J.D. Progressive and regressive pedogenesis and complex soil evolution. **Quaternary Research**. 40. 1993. p.169-176.

37. PEDERSON, J.; PAZZAGLIA, F.; SMITH, G. Ancient hillslope deposits: missing links in the study of climate controls on sedimentation. **Geology**. v. 28. p. 27–30, 2000.
38. PELUSO JUNIOR, V.A. O relevo do território catarinense. **Geosul**. n.2. 1986.
39. RADAMBRASIL/IBGE, Projeto. Folha SG.22 Curitiba, parte da Folha SG.21 Assunção e Folha SG.23 Iguape – Relatório – Levantamento de Recursos Naturais. v.35. Diretoria de Geociências. IBGE. Rio de Janeiro. 969 p. 2018.
40. REIMER, P.J.; BARD, E.; BAYLISS, A.; BECK, W.J.; BLACKWELL, P.G.; BRONK Ramsey, C.; BUCK, C.E.; HAI, C.; Edwards, R.L.; FRIEDRICH, M.; GROOTES, P.M.; Guilderson, T.P.; Hafliðason, H.; Hajdas, I.; HATTÉ, C.; HEATON, T.J.; HOFFMAN, D.L.; HOGG, A.G.; HUGHEN, K.A.; KAISER, K.F.; KROMER, B.; MANNING, S.W.; NIU, M.; Reimer, R.W.; RICHARDS, D.A.; SCOTT, E.M.; SOUTHON, J.R.; STAFF, R.A.; TURNEY, C.S.M.; Van Der Plicht, J. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. **Radiocarbon**. 55, p.1869-1887, 2013.
41. RENNE, P.R.; ERNESTO, M.; PACCA, I.G.; COE, R.S.; GLEN, J.M.; PRÉVOT, M.; PERRIN, M. The age of Paraná Flood Volcanism, Rifting of Gondwanaland and the Jurassic-Cretaceous Boundary. **Science**. v.258. p.975-978, 1992.
42. RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J.C.; REZENDE, S.B. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretações e aplicações**. 2ª ed. Ed. UFLA. Lavras. 2011.
43. RIFFEL, S.B.; VASCONCELOS, P.M.; CARMO, I.O.; FARLEY, K.A. Goethita (U-Th)/He geochronology and precipitation mechanisms during weathering of basalts. **Chemical geology**. n.446. p.18-32, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.03.033>
44. RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Nota técnica. 29. p.297-300, 2005.
45. SANTOS, M.C.P. **Geoarqueologia da área da Volta Grande do Alto Rio Uruguai, Sul do Brasil: morfoestratigrafia, geocronologia e sequência arqueológica Foz do rio Chapecó**. Tese (Doutorado em Quaternary and Prehistory) - Università degli studi di Ferrara. 2018.
46. SANTOS, M.C.P.; CARBONERA, M.; ROSINA, P.; SCHUSTER, A.J.; PAVEI, D.D.; HATTÉ, C.; SOUZA, Á.S. DE, CAMPOS, J.; LOURDEAU, A. Holocene settlement, stratigraphy and chronology at the site of Uruguai 1-sector 1, Foz do Chapecó archaeological area, South Brazil. **Journal of Archaeological Science: Reports**, v. 39, p. 103-113, 1 out. 2021. DOI: <https://10.1016/J.JASREP.2021.103113>
47. SANTOS, R.D. dos.; LEMOS, R.C. de.; DOS SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. Viçosa. SBCS. 2005.
48. SCHAEFER, C.E.G.R. Bases físicas da paisagem brasileira: estrutura geológica, relevo e solos. **Tópicos. Ci. do Solo**, 8. p.221-278, 2013.
49. TABOADA, T.; RODRÍGUEZ-LADO, L.; FERRO-VÁZQUEZ, C.; STOOPS, G.; CORTIZAS, A.M. Chemical weathering in the volcanic soils of Isla Santa Cruz (Galápagos Islands, Ecuador). **Geoderma**. 261. p.160-168, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.019>
50. THOMAS, Michael F. Late Quaternary environmental changes and the alluvial record in humid tropical environments. **Quaternary International**. 72. p.23-36, 2000.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.