



Artigo de Pesquisa**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MINERALÓGICOS DE
FORMAÇÕES SUPERFICIAIS OXÍDICAS-ALTO URUGUAI/RS****Physical, chemical, and mineralogical attributes of oxide surface formations -
Upper Uruguay/RS**Denise Hobold Soares¹, Marga Eliz Pontelli²

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Departamento de Geografia, Francisco Beltrão, Brasil,
hoboldsoares@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0471-7725>

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Departamento de Geografia, Francisco Beltrão, Brasil,
margapontelli@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3921-7923>

Recebido em 26/02/2024 e aceito em 11/12/2024

RESUMO: Com o objetivo de compreender a dinâmica e evolução do relevo do Planalto das Araucárias, região Sul do Brasil, o presente trabalho buscou conhecer os atributos químicos, físicos e mineralógicos dos materiais que compõem seção representativa de superfície geomórfica situada em Trindade do Sul/RS. A seção localiza-se na margem esquerda do Rio Uruguai, alto curso, em unidade geomorfológica Planalto das Araucárias. Em campo foi individualizada a seção, descritos os atributos macromorfológicos e coletado os materiais. Em laboratório realizou-se análises físicas (granulometria e descrição dos clastos que compõem linha de pedras), químicas (macronutrientes; ataque sulfúrico da fração argila; teores de ferro - livre, total e amorfo; química quantitativa total - FRX) e mineralógica (mineralogia por difração de raios-X - DRX). A seção corresponde a corte vertical na rodovia RS 324, apresentando 900 cm de material exposto. A macromorfologia, associada aos macronutrientes, permitiu identificar 5 horizontes na seção: Ap, AB, Bw1, Bw2 e BC, além de presença de linha de pedras situada na transição do Bw2 para o BC. Esta é constituída por fragmentos arredondados, cor preta com manchas amareladas, textura lisa a pouco rugosa, com alta concentração de Fe₂O₃ (77,4%), Al₂O₃ (5,5%) e SiO₂ (2,8%). Os materiais indicam estágio avançado de intemperismo, com presença de minerais secundários do grupo dos Filossilicatos - Caulinita e Vermiculita hidróxi entre camadas, bem como de Óxi-Hidróxidos - Gibsita, Goethita, Hematita, Anatásio e Rutilo. A Caulinita e Gibsita indicam condições de formações pedogeoquímicas do tipo monossialitização. Os atributos analisados dos materiais da seção representativa de Trindade do Sul/RS classificam-se como LATOSSOLO Bruno Distroférico de caráter aluminico, profundo, além de indicar gênese alóctone dos materiais parentais.

Palavras-chave: Ambiente Subtropical, Pedogeoquímica, materiais oxídicos, LATOSSOLO Bruno Distroférico

ABSTRACT: With the aim of understanding the dynamics and evolution of the relief of the Araucaria Plateau, in southern Brazil, this study sought to understand the chemical, physical and mineralogical attributes of the materials that make up a representative section of the geomorphic surface located in Trindade do Sul/RS. The section is located on the left bank of the Uruguay River, in the upper course,

in the Planalto das Araucárias geomorphological unit. The section was individualized in the field, the macromorphological attributes described and the materials collected. In the laboratory, physical (granulometry and description of the clasts that make up the stone line), chemical (macronutrients; sulfuric attack of the clay fraction; iron content - free, total and amorphous; total quantitative chemistry - XRF) and mineralogical (mineralogy by X-ray diffraction - XRD) analyses were carried out. The section corresponds to a vertical cut in the RS 324 highway, with 900 cm of exposed material. The macromorphology, associated with the macronutrients, made it possible to identify 5 horizons in the section: Ap, AB, Bw1, Bw2 and BC, as well as the presence of a line of stones located at the transition from Bw2 to BC. This consists of rounded fragments, black in color with yellowish spots, smooth to slightly rough texture, with a high concentration of Fe_2O_3 (77.4%), Al_2O_3 (5.5%) and SiO_2 (2.8%). The materials indicate an advanced stage of weathering, with the presence of secondary minerals from the phyllosilicate group - kaolinite and hydroxy vermiculite between layers, as well as oxyhydroxides - gibbsite, goethite, hematite, anatase and rutile. Kaolinite and gibbsite indicate conditions of monosialitization-type pedogeochemical formations. The analyzed attributes of the materials from the representative section of Trindade do Sul/RS are classified as LATOSSOLO Bruno Distroférico with an alumina character, deep, as well as indicating allochthonous genesis of the parent materials.

Keywords: Subtropical environment, Pedogeochemistry, oxidic materials, LATOSSOLO Bruno Distroférico.

Resumen Dans le but de comprendre la dynamique et l'évolution du relief du plateau de l'Araucaria, dans le sud du Brésil, cette étude a cherché à comprendre les attributs chimiques, physiques et minéralogiques des matériaux qui composent une section représentative de la surface géomorphologique située à Trindade do Sul/RS. La section est située sur la rive gauche du fleuve Uruguay, dans le cours supérieur, dans l'unité géomorphologique Planalto das Araucárias. La section a été individualisée sur le terrain, les attributs macromorphologiques décrits et les matériaux collectés. En laboratoire, des analyses physiques ont été réalisées (granulométrie et description des clastes qui composent la ligne de pierres), des analyses chimiques (macronutriments ; attaque sulfurique de la fraction argileuse ; teneur en fer - libre, total et amorphe ; chimie quantitative totale - XRF) et des analyses minéralogiques (minéralogie par diffraction des rayons X - XRD). La section correspond à une coupe verticale dans l'autoroute RS 324, avec 900 cm de matériau exposé. La macromorphologie, associée aux macronutriments, a permis d'identifier 5 horizons dans la coupe : Ap, AB, Bw1, Bw2 et BC, ainsi que la présence d'une ligne de pierres située à la transition de Bw2 à BC. Il s'agit de fragments arrondis, de couleur noire avec des taches jaunâtres, de texture lisse à légèrement rugueuse, avec une forte concentration de Fe_2O_3 (77,4 %), Al_2O_3 (5,5 %) et SiO_2 (2,8 %). Les matériaux indiquent un stade avancé d'altération, avec la présence de minéraux secondaires du groupe des phyllosilicates - kaolinite et vermiculite hydroxy entre les couches, ainsi que des oxyhydroxydes - gibbsite, goethite, hématite, anatase et rutile. La kaolinite et la gibbsite indiquent des conditions de formations pédogéochimiques de type monosialitisation. Les attributs analysés des matériaux de la section représentative de Trindade do Sul/RS sont classés comme LATOSSOLO Bruno Distroférico avec un caractère profond et alumineux, tout en indiquant une genèse allochtone des matériaux parentaux.

Palabras clave: Ambiente Subtropical, Pedogeoquímica, materiales oxídicos, LATOSSOLO Bruno Distroférico.

INTRODUÇÃO

Formações superficiais correspondem a materiais soltos formados na interface litosfera/atmosfera/biosfera a partir da atuação de processos intempéricos (DEWOLF, 1965). Conforme a relação com os materiais parentais e o tipo específico de processo atuante – pedogenético e/ou morfogenético, estas assumem, respectivamente, natureza autóctone (Queiroz Neto, 2010; Kampf Et Al. 2009; Schaetzel E Anderson, 2005; Pedro, 1969) ou alóctone (Ribeiro E Lima, 2012; Hugget, 2007; Suguio, 2003; Thomas, 1994). A possibilidade de preservar registros dos diferentes processos

envolvidos na sua formação, caracteriza o estudo das formações superficiais como de grande importância na investigação da dinâmica evolutiva do relevo no Quaternário (Paisani Et Al. 2019; Corrêa E Lima, 2019; Oliveira Et Al. 2006; Thomas, 1994). Dentre os registros, estão os processos pedogeoquímicos atuantes nos materiais, os quais são revelados pelas características físicas, químicas e mineralógicas presentes.

Na unidade geomorfológica Planalto das Araucárias, mantida por substrato rochoso vulcânico e domínio subtropical úmido, as formações superficiais apresentam característica geral oxidica (Bland Et Al. 2016; Costa Et Al., 2009; Schellmann, 1994; Pedro, 1969). Diversos estudos foram realizados no setor central desta unidade de relevo, reconhecendo os atributos físicos, químicos e mineralógicos dos materiais como base para compreender a evolução e dinâmica do relevo no período Quaternário (Balastrelli, 2022; Gaspari Et Al. 2020; Oliveira, 2020; Almeida, 2017; Manfredini, 2016; Dal-Berti, 2015; Bertuol, 2014; Paisani Et Al. 2013). Do ponto de vista pedológico, essas formações superficiais são classificadas como Nitossolos ou Latossolos (EMBRAPA, 2006). Porém, mesmo diante da classificação pedológica geral, cada setor deste planalto apresenta particularidades na composição química, física e mineralógica dos materiais.

De modo geral, no setor entre Serra da Fartura, divisor de águas entre bacias dos rios Iguaçu (PR) e a margem direita do rio Uruguai (SC), predominam formações superficiais do tipo Latossolo Bruno Distroférico de caráter Álico (Almeida, 2017; Bertuol, 2014; Paisani Et Al. 2013). Materiais distroféricos resultam da alta concentração de óxidos de Ferro, enquanto o caráter Álico ocorre em ambiente mais ácido e com presença de argilominerais de atividade baixa - grupo 1:1. Na margem esquerda do rio Uruguai, setor norte do estado do Rio Grande do Sul, município de Boa Vista das Missões, os materiais oxidicos predominantes em setores de topo da bacia do rio da Várzea, correspondem a Latossolo Bruno Distrófico com caráter Alítico, com baixo índice de saturação por bases e alto percentual de Alumínio (Balastrelli, 2022; EMBRAPA, 2006). Não se conhece, ainda, os atributos pedogeoquímicos relacionados aos materiais representativos dos demais setores no Alto Uruguai – RS. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar os atributos físicos, químicos e mineralógicos dos materiais representativos do setor de topo em patamar extenso dissecado no baixo curso do rio Passo Fundo, região do Alto Uruguai.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A seção de formações superficiais oxidicas representativa de topo de patamar dissecado no baixo curso do rio Passo Fundo, margem esquerda do rio Uruguai, corresponde a corte vertical exposto na rodovia RS-324, perímetro correspondente ao município de Trindade de Sul/RS (Figura 1). A seção situa-se a 633 metros de altitude, correspondendo ao 4º patamar dissecado de acordo com Paisani et al. (2014).

A área estudada insere-se na região fitofisiográfica classificada como Planalto das Araucárias (Paisani Et Al. 2019; IBGE, 2006; Justos, 1986; Almeida, 1956), situada em

altitudes superiores a 600 metros. O substrato rochoso dominante no setor é o vulcânico (Peate, 1992), do Grupo Serra Geral (CPRM, 2006), constituído por rochas de composição química mineralógica de natureza básica a intermediária (Nardy Et Al. 2002), correspondente a fáceis Paranapanema (Figura 2).

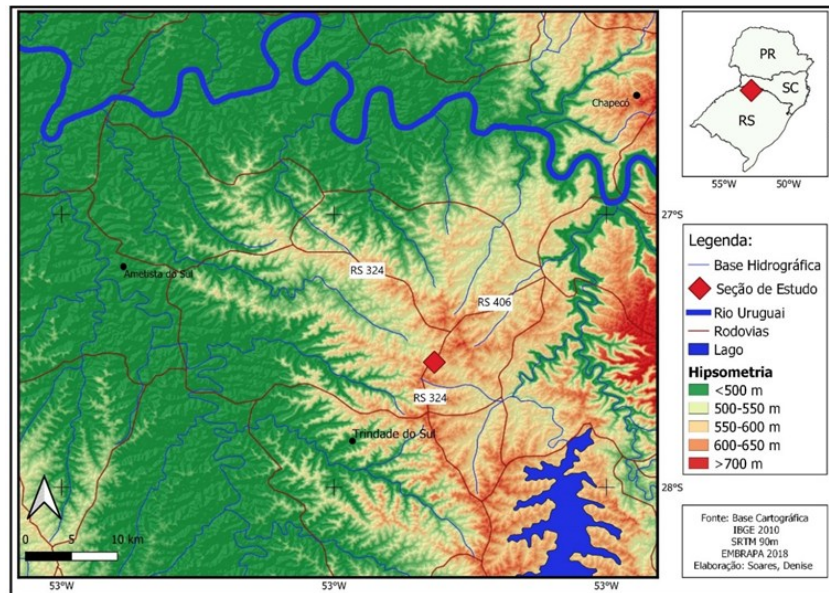


Figura 1. Localização da seção em patamar extenso no Alto Uruguai/RS.

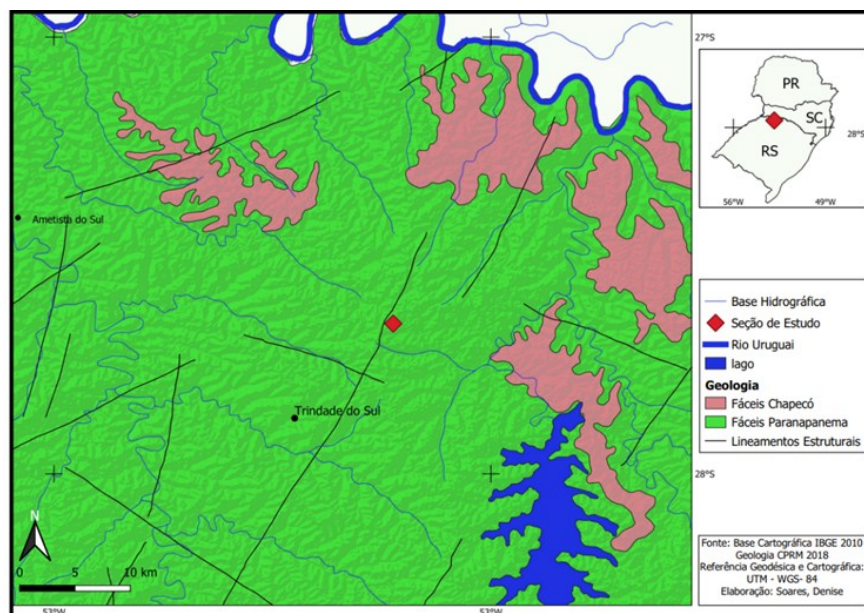


Figura 2. Geologia da área de estudo da superfície representativa de Trindade do Sul/RS.

O clima é subtropical úmido e a cobertura vegetal original corresponde a Floresta Ombrófila Mista (Costa Et al. 2018; Paisani et al. 2019). O nível de dissecação do relevo permite classificar o Planalto das Araucárias em unidades geomorfológicas distintas: Planalto dos Campos Gerais; Planalto Dissecado do rio Uruguai e Planalto das Missões (Paisani Et Al. 2019; Almeida, 1956). A seção estudada, correspondente a patamar dissecado na margem esquerda do baixo curso do rio Passo Fundo - Trindade do Sul/RS, situa-se na transição entre as três unidades (Figura 3).

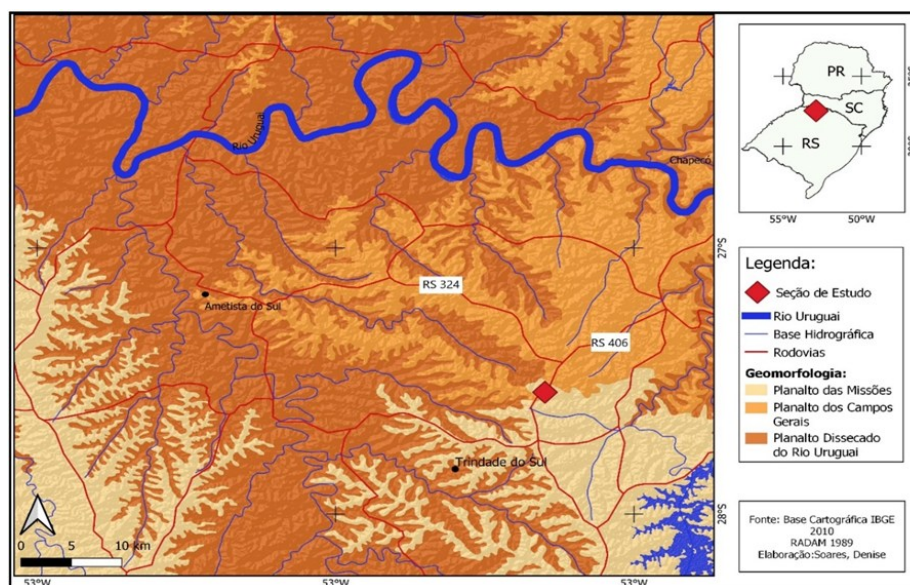


Figura 3. Geomorfologia da superfície representativa de Trindade do Sul (RS).

Procedimentos Operacionais

Individualização da seção e descrição física macromorfológica

A análise morfológica do perfil de solo foi feita a partir de levantamento prévio de campo, seguindo-se à descrição dos atributos morfológicos e físicos conforme Santos et al. (2013): a) cor, seca e úmida, com base na Tabela Munsell, utilizando-se borrifador para umedecimento; b) estrutura - tipo e grau; c) macroporosidade, frequência e tipo; d) espessura; e) presença de raízes; f) consistência a seco, úmido e molhado - plasticidade e pegajosidade.

Em campo também foram coletadas 31 amostras em intervalos de 20 cm para determinação granulométrica e demais análises laboratoriais, bem como uma amostra de fragmentos que compõem a linha de pedras presente na seção, para realizar descrição macromorfológica. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, identificados com nomenclatura da seção, número da amostra e profundidade. Após, transportadas para laboratório onde foram secas à sombra.

A análise física dos materiais, em laboratório, consistiu no tratamento granulométrico, para identificar a variação textural dos materiais. Utilizou-se das técnicas convencionais de peneiramento para a fração grossa e pipetagem para a fração fina, com separação úmida das frações grossa e fina a partir de peneira 0,063mm, seguindo procedimentos do Laboratório de Análises de Formações Superficiais do NEPA – Núcleo de Estudos Paleoambientais (NEPA) UNIOESTE/Campus de Francisco Beltrão Unioeste (Paisani et al. 2008). A descrição física dos fragmentos da linha de pedras consistiu na verificação: da cor, grau de esfericidade e arredondamento, rugosidade superficial e tamanho (altura, comprimento e largura), conforme Pettijohn (1957). Após descrição física externa, utilizou-se de marreta de 2Kg para dividir os clastos e descrever os aspectos internos dos fragmentos.

Determinações químicas

As características químicas dos materiais foram obtidas a partir das seguintes determinações: macronutrientes (química de rotina); ataque sulfúrico da fração argila; Teores de Ferro: livre, total e amorfo; e Espectrometria por Fluorescência de Raios-X (FRX).

A química de rotina tem por objetivo obter informações básicas necessárias para a classificação pedológica dos materiais. Nessa análise, utilizou-se 5 amostras compostas de 300 gramas, representativas de cada volume individualizado pelas descrições físicas. Essa análise foi realizada no Laboratório de Solos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR- Campus de Pato Branco/PR.

O ataque sulfúrico da fração argila dos materiais buscou reconhecer a composição química presente na fração argila e determinar o estágio de intemperismo do material. Esse é obtido através dos índices Ki ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) e Kr ($\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{FeO}_2\text{O}_3)$) (Lepsch, 2010; EMBRAPA, 1997). Foram encaminhadas 10 amostras para esta determinação, em profundidades com intervalo de 100cm. As amostras foram tratadas no Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Viçosa UFV/MG.

A determinação dos teores de ferro objetivou auxiliar na identificação da intensidade e ação do intemperismo nos materiais e, por consequência, dos processos pedogeoquímicos atuantes na área (Tsai Et Al. 2007; Constantini Et Al. 2006). Para tanto foram determinadas as percentagens de Ferro Livre (Fe_d), Amorfo (Fe_o) e Total (Fe_t). Os teores de ferro foram obtidos para 10 amostras relacionadas às mesmas profundidades em intervalos de 100 cm. A determinação dos teores de ferro foi realizada pelo Laboratório de Mineralogia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Departamento de Solos, Campus de Curitiba/PR.

A identificação dos percentuais de diferentes óxidos na constituição química (análise qualitativa) e a determinação dos elementos presentes em cada amostra (análise quantitativa) foi obtida com Espectrometria por Fluorescência de Raios-X (FRX). Estabeleceu-se os dez principais óxidos (SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; TiO_2 ; MnO ; CaO ; K_2O ; Na_2O_3 ; P_2O_5) em dez amostras em intervalos de 100 cm ao longo da seção, bem como dos clastos que compõem a linha de pedras. As amostras foram enviadas para o

Laboratório Análises Mineralógicas e Rochas (LAMIR), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Campus de Curitiba/PR.

Análise mineralógica por DRX

A difração de Raio-X permitiu determinar diferentes minerais que compõem os materiais da seção representativa de Trindade do Sul/RS, assim como caracterizar a estrutura cristalina dos minerais presentes (Resende et al. 2005). Para tanto, foram enviadas 10 amostras em intervalos de 100cm, para tratamento em pó, argila natural, argila gliconada e calcinada, para o Laboratório Central da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Os picos dos difratogramas foram obtidos utilizando-se o Programa XPert High Score, versão 1.0, 2001 e interpretados com base em Moore & Reynolds (1997) e Resende et. al. (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atributos morfológicos e teor de macronutrientes

Os atributos morfológicos e químicos permitiram individualizar 5 horizontes na seção estudada (Tabela 1), conforme a seguir: Ap (0-80cm), transicional AB (80-130cm), horizonte B subdividido em Bw1 (130-480cm) e Bw2 (480-680cm) e BC (680-900cm).

Tabela 1. Características morfológicas dos materiais representativos da superfície geomorfológica de Trindade do Sul/RS:

Hor	Prof. (cm)	Cor		Tex	Estrutura		Consistência			
		Seca	Úmida		Tip o	Grau	Seca	ÚM	Molhado	
									Plas	Peg
Ap	0-80	2,5YR 2,5/4	2,5 YR 2,5/3	MA	SA	Fr	ED a D	MF	MPL	LP
AB	80-130	2,5YR 3/6	2,5YR 3/6	MA	SA	Fo	D	FR	MPL	LP
Bw1	130-480	2,5YR 3/6	2,5YR 2,5/4	MA	SA	Fr	LD	FR	PL	LP
Bw2	480-680	2,5YR 3/6	10R 3/4	A	SA	Fo	MD	FR	PL	LP
BC	680-900	10R 4/6	2,5YR 3/6	A	SA	Fo	MD	FR	LPL	LP

Prof.: profundidade; TEX: textura; MA: muito argilosa; A: argilosa; SA: blocos subangulares; Fr: fraco; Fo: forte; ÚM: úmida; So: Solta; LD: ligeiramente dura; D: dura; MD: muito dura; ED: extremamente dura; MF: muito friável; FR: friável; PLAS: plasticidade; LPL: ligeiramente plástica; PL: plástica; MPL: muito plástica; NPI: não plástica; PEG: pegajosidade; LP: ligeiramente pegajosa.

O horizonte Ap (0-80cm) apresenta material de cor bruno avermelhado escuro (2,5YR 2,5/4), com grande quantidade de raízes até 30cm, diminuindo até a base do volume. A estrutura é de blocos sub angulares, com grau fraco, que se desfazem em

microagregados quando pressionados (Tabela 1). As características macromorfológicas e granulométricas indicam material de textura muito argilosa (Figura 4). A determinação dos macronutrientes indica elevada quantidade de matéria orgânica ($29,48 \text{ gdm}^{-3}$), possivelmente vinculado ao uso e manejo do solo com prática.

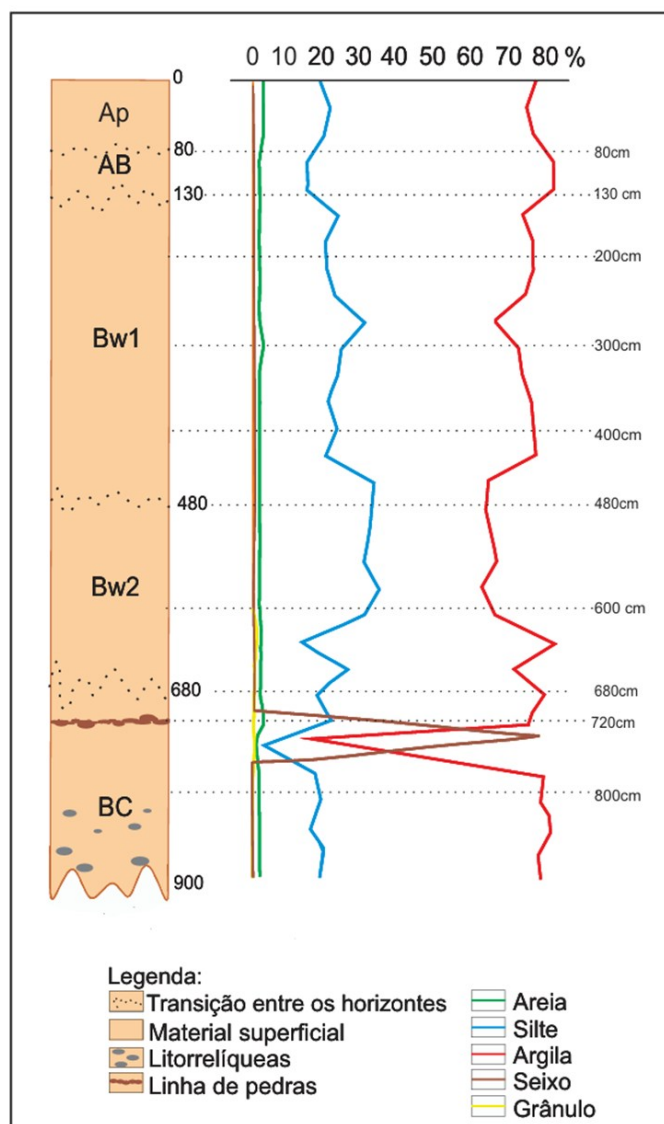


Figura 4. Distribuição dos horizontes e comportamento granulométrico dos materiais representativos da superfície geomorfológica de Trindade do Sul/RS.

agrícola de cultivo de grãos por plantio direto, o que favorece o acúmulo de matéria orgânica. O índice de saturação por alumínio (m) é o mais baixo ao longo da seção (21,62%), indicando material de caráter alítico (Curi E Kampf, 2012). O valor da CTC é de $11,95 \text{ cmolc/dm}^{-3}$, indicando presença de argilas de baixa atividade. O Cálcio (Ca) apresenta valores mais elevados ($2,20 \text{ cmolc/dm}^{-3}$), associado a prática de correção do pH do solo (Tabela 2) (EMBRAPA, 2006).

Tabela 2. Atributos químicos - macronutrientes dos materiais representativos da superfície geomorfológica de Trindade do Sul/RS:

Hor	pH	MO gdm ⁻³	M	V	CTC	Ca	Al ⁺³	Mg	K	SB	H+Al
			%								
Ap	4,3	29,48	21,62	30,04	11,59	2,20	0,99	1,20	0,19	3,59	29,48
AB	4,3	9,38	54,74	9,92	12,50	0,70	1,50	0,50	0,04	1,24	9,38
Bw1	4,2	4,02	57,03	12,71	8,89	0,70	1,50	0,40	0,03	1,13	4,02
Bw2	4,2	1,34	67,02	6,90	8,98	0,30	1,26	0,30	0,02	0,62	1,34
BC	4,2	1,34	67,53	7,01	8,99	0,30	1,31	0,30	0,03	0,63	1,34

Hor: horizonte; pH: potencial hidrogeniônico MO: matéria orgânica (gdm⁻³); P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica (cmol_c/dm⁻³) V= saturação por base Al: alumínio; m: saturação por alumínio (%).

O horizonte transicional AB (Figura 4) apresenta material de cor vermelho escuro (2,5YR 3/6) com ausência de raízes. A consistência é dura quando seco e friável quando úmido, indicando material compactado. Quando hidratado é ligeiramente plástico (Tabela 1). A textura mantém-se muito argilosa (82% de argila), com leve diminuição das frações silte (16%) e areia (2%) (Figura 4). Observa-se decréscimo considerado da matéria orgânica (9,38 gdm⁻³), assim como da saturação por bases (9,92%). A concentração de Al é alta, 1,50 cmol_c/dm⁻³ indicando pH ácido da solução (4,30). A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) apresenta maior valor (12,50 cmol_c/dm⁻³), diminuindo nos horizontes subjacentes (Tabela 2). Pela literatura, valores de CTC inferiores a 27 cmol_c/dm⁻³ indicam presença de argilominerais do tipo 1:1, grupo da Caulinita (Curi e Kampf, 2012; EMBRAPA, 2006).

Os materiais entre 130 e 680 cm apresentam características de horizonte B latossólico, com atributos morfológicos e físicos que permitem sua subdivisão. No horizonte Bw1, a cor se mantém vermelho escuro (2,5YR 3/6) e a estrutura é de blocos sub angulares, de grau fraco. A textura é muito argilosa e a consistência comporta-se como ligeiramente dura e friável quando úmido (Tabela 1). As frações granulométricas de argila e areia variam ao longo do horizonte, com a areia estável até 270cm (Figura 4). Entre 270cm e 300cm, observa-se leve aumento (0,5%) da areia em relação as demais profundidades, no horizonte. Registra-se alternância entre as frações argila e silte, o que indica resultado da ação pedogenética sobre os materiais (Figura 4). Tanto o valor do pH, quanto da matéria orgânica diminuem se comparado o volume anterior (Tabela 2). A saturação por alumínio é alta (57,03%), indicando caráter álico (EMBRAPA, 2006). A saturação por bases aumenta para 12,71%. Já a soma de bases é baixa (1,13 cmol_c/dm⁻³), indicando tratar-se de material muito intemperizado.

O horizonte Bw2 (480-680cm) mantém a cor vermelho escuro (2,5YR 3/6). A estrutura do material mantém-se como blocos sub angulares de grau forte. A consistência é muito dura quando seco e friável quando úmido (Tabela 1). As frações granulométricas indicam aumento da fração areia (1,5%), com silte variando entre 14

e 35%. Registra-se presença de grânulos (0,11%) a 480 cm. Como o material apresenta textura argilosa, é a fração com maior percentual ao longo do horizonte, variando entre 63 e 82% (Figura 4). Ocorre diminuição expressiva da quantidade de matéria orgânica, passando para $1,34 \text{ gdm}^{-3}$. É característico de solos subtropicais diminuir a quantidade de matéria orgânica em profundidade (Boutton, 1996). A saturação por alumínio é alta de 67,02%. A soma das bases é baixa ($0,62 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$), considerado pobre pelos parâmetros da EMBRAPA (2006).

A partir de 680cm individualiza-se horizonte BC, marcado pela cor vermelha na matriz (10R 4/6). A estrutura de blocos sub angulares é de grau forte. A consistência quando seco é muito dura e quando úmido, mostra-se friável (Quadro 1). A saturação por alumínio é a mais elevada, 67,53% e o pH se mantém ácido (4,20). A quantidade de Cálcio é muito baixa com $0,30 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$. Esse volume é marcado pela presença de linha de pedras situada à 720 cm de profundidade (Figura 5), além de litorrelíquias distribuídas na base do volume (Figura 6).



Figura 5. Aspecto dos clastos da linha de pedras na seção estudada.



Figura 6. Litorrelíquias presentes no material a partir de 680cm de profundidade.

Os fragmentos que compõem a linha de pedras (profundidade de 720cm) apresentam cores vermelho claro (10R 6/6) e bruno forte (7.5YR 4/6), de tamanho cascalho e calhaus (Figura 5). Os clastos maiores apresentam textura mais lisa e os menores, rugosa. Os vértices variam de arredondados a pouco agudos (Pettijohn, 1957). Ao quebrá-los utilizando marreta de 2kg, ocorre divisão dos clastos em partes grandes, sem resultar na pulverização total do material. A parte interna é marcada por manchas amareladas retilíneas, siltosas, indicando material muito intemperizado.

As litorrelíquias são clastos de rocha alterada que se desfazem, facilmente, em resíduos pulverizados (Figura 6). Apresentam cor bruno forte (7.5 YR 4/6), cinzento claro (10 R 7/1) e vermelho claro (10 R 6/6). São arredondados, de tamanho calhaus, variando entre 1,5 e 3 cm de largura.

As frações granulométricas do horizonte BC sofrem influência da presença das litorrelíquias e da linha de pedras. O percentual de areia aumenta na profundidade 720cm de 1% para 3%, a argila diminui de 75% para 12% na linha de pedras, e o silte passa de 21% para 3%. As frações seixos (80,04%) e grânulos (0,29%) aparecem somente na profundidade 720cm (Figura 4).

Atributos químicos

Os óxidos mais presentes na fração argila são: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 (Tabela 3). O SiO_2 é um elemento de maior mobilidade, enquanto os demais são pouco móveis em ambiente hidrolítico. O Óxido de Manganês (MnO) apresenta valores inferiores a 1%, indicando intensa lixiviação (Santos et al. 2018).

Tabela 3. Constituintes químicos da fração argila e índices Ki e Kr:

HOR	PROF (cm)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Ki	Kr
		%						
Ap	50	22,711	10,440	9,611	4,135	0,092	3,69	2,33
AB	100	19,238	11,464	8,884	3,457	0,078	2,85	2,14
Bw1 topo	200	23,446	11,157	9,534	3,796	0,093	3,57	2,31
Bw1 centro	300	21,787	11,703	9,685	3,685	0,09	3,16	2,07
Bw1 base	400	23,296	13,971	9,599	3,418	0,082	2,83	1,97
Bw2 topo	500	24,834	12,606	10,183	3,807	0,087	3,34	2,21
Bw2 base	600	23,827	10,916	9,536	3,781	0,089	3,71	2,38
BC topo	700	24,079	11,558	9,181	3,535	0,081	3,53	2,35
BC centro	800	23,752	11,694	9,103	3,493	0,076	3,45	2,30

O SiO₂ apresenta valores mais elevados do que os demais presentes na fração argila dos materiais, variando entre 24,834% (Bw2 topo) e 19,238% (AB). Em seguida, o Al₂O₃ apresenta variação entre 13,971% (Bw1 base) e 10,440% (horizonte Ap). O Fe₂O₃ apresenta valores que variam entre 10,183% (horizonte Bw2) e 8,884% (horizonte AB). Considerando a composição mineralógica das rochas predominantes no setor, seria de esperar valores maiores de óxidos de ferro e alumínio, nos materiais da fração argila. No entanto, em ambientes de pH ácidos (< 5), como é o caso da área de estudo (Tabela 2), ocorre inversão na mobilidade dos elementos, estando o Fe₂O₃ e Al₂O₃ mais susceptíveis à lixiviação, enquanto o SiO₂ passa a permanecer no ambiente de alteração (Pedro, 1969, CURI et al. 1983). O TiO₂ apresenta maior porcentagem no horizonte Ap (4,135%), com variações entre 3,418% e 3,807% nos horizontes subjacentes (Tabela 3).

Os menores valores de Ki ao longo da seção são 2,83 no horizonte Bw1 base e 2,85 no horizonte AB. Nas demais profundidades, ocorre aumento nas porcentagens, passando para 3,16 no horizonte Bw1 centro e 3,71% no Bw2 base. Já os índices de Kr variam de 1,97, menor valor registrado no horizonte Bw1 base, e 2,45 no horizonte BC base (Tabela 3). Esses valores são superiores a 0,75 indicando materiais cauliniticos (EMBRAPA, 2018; SIBCS, 2018; Curi e Kampf, 2012; Melfi e Pedro, 1977).

Na análise dos teores de Ferro, verifica-se maiores percentuais gerais de Ferro Total (Fe_t), seguido por Ferro Livre (Fe_d), enquanto o Ferro Amorfo (Fe_o) se apresenta com valores pequenos, aumentando gradativamente da superfície em profundidade, porém não ultrapassando 0,24% de concentração no BC (Tabela 4). Valores inferiores a 0,57% de Fe_o indicam tratar-se de materiais lateríticos em fase inicial de formação (Tsai, 2007; Bech et al., 1997).

Tabela 4. Teores de Ferro e suas razões ao longo da seção:

HOR	PROF (cm)	Fe _d	Fe _o	Fe _t	Razões de Ferro (Fe)		
		%			Fe _o /fe _d	Fe _d /Fe _t	(Fe _d -Fe _o)/Fe _t
A	50	10,44	0,10	16,06	0,009	0,650	0,643
AB	100	10,08	0,10	15,65	0,009	0,644	0,637
Bw1 topo	200	9,57	0,14	18,10	0,014	0,528	0,520
Bw1 centro	300	10,43	0,20	16,81	0,019	0,620	0,608
Bw1 base	400	9,79	0,20	20,03	0,020	0,488	0,478
Bw2 topo	500	10,59	0,20	19,71	0,018	0,537	0,527
Bw2 base	600	10,30	0,23	19,20	0,022	0,536	0,524
BC topo	700	10,80	0,24	21,75	0,022	0,496	0,485
BC centro	800	10,80	0,22	20,09	0,020	0,537	0,526
BC base	900	10,57	0,22	19,43	0,020	0,544	0,532

Fonte: organizado pela autora, 2023. HOR: horizontes; PROF: profundidade; cm: centímetros; Fe_d: Ferro livre; Fe_o: Ferro amorfo; Fe_t: Ferro total; Fe: Ferro.

O Fe_d apresenta valores que variam entre 9,57% no horizonte Bw1 topo e 10,80%, nos horizontes BC topo e centro. Tem-se diminuição no valor entre os horizontes Bw1 centro (10,43%) e Bw1 base (9,79%). Os volumes subjacentes apresentam porcentagens semelhantes, entre 10,30% e 10,80% (Tabela 4). De modo geral esses valores indicam tratar-se de material com alta cristalinidade do Ferro nos minerais secundários presentes nos materiais analisados.

Já os valores do Fe_t apresentam maiores percentuais (Tabela 4). O horizonte BC topo indica o maior valor ao longo da seção (21,75%), diminuindo para os horizontes superficiais, 15,65% no horizonte AB e 16,06% no horizonte Ap. Os valores do Fe_t e Fe_o até o horizonte Bw1 centro são menores do que os volumes abaixo do Bw1 base. Percentuais elevados de Fe_t indicam a cristalinidade total do ferro pedogeneizado (Kampf, 2009; Indá Junior, 2003). Logo, observando-se as variações do Fe_t ao longo da seção, pode-se considerar que os materiais apresentem diferentes origens. Ou seja, possivelmente esses valores indicam natureza alóctone dos materiais na seção.

A razão Ferro amorfo e Ferro livre (Fe_o/Fe_d) é menor nos horizontes mais superficiais (0,009), com aumento gradativo entre o topo e base do Bw1 (Tabela 4). Abaixo do horizonte Bw2 base, verifica-se diminuição gradativa, de 0,022 para 0,020. Valores baixos dessa razão indicam presença de óxidos de Ferro

crystalinos, como Goetita, Hematita e Maghemita, comuns em formações superficiais de caráter latossólico (Kampf, 2009; Indá Junior, 2003).

A razão entre Ferro livre e Ferro total (Fe_d/Fe_t) é mais elevada nos horizontes superficiais - A (0,650) e AB (0,644) e no centro do horizonte Bw1 (0,620). Os menores valores ocorrem no topo do BC (0,496) e na base do Bw1 (0,488). Nas demais profundidades, os valores variam entre 0,528 e 0,532% (Tabela 4). Essa razão Fe_d/Fe_t indica que os processos intempéricos ocorreram de maneira mais intensa nos volumes mais superficiais, visto apresentarem valores mais elevados do que no meio e base da seção (Kampf, 2009; Indá Junior, 2003).

A razão entre as três maneiras de determinar o teor de ferro ($Fe_d - Fe_o/Fe_t$) é semelhante da razão entre ferro livre e total. Os horizontes mais superficiais apresentam valores mais elevados: 0,643 horizonte Ap e 0,637 horizonte AB. Assim como no horizonte Bw1 centro ocorre aumento em relação aos demais volumes (0,608). Os valores menores são registrados nos horizontes Bw1 base (0,478) e BC topo (0,485). As demais profundidades apresentam valores semelhantes. Esses resultados indicam que os materiais se encontram em estágio evoluído de intemperismo. A alternância de valores ao longo da seção sugere diferença de materiais parentais. Logo, ter-se-ia perfil latossólico evoluído a partir de materiais de gênese alóctone, fato já observado por Kampf et al. (2009) para latossolos brunos no sul do Brasil.

A análise dos 10 principais óxidos que ocorrem na constituição química dos materiais indicou percentuais mais elevados de óxidos imóveis no ambiente hidrolítico - Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 , bem como do elemento pouco móvel, o SiO_2 , (Tabela 5). Os demais óxidos correspondentes aos elementos muito lixiviáveis em ambiente geoquímico hidrolítico – os cátions básicos, apresentam valores inferiores a 1% (Melfi et al. 1978).

O óxido de Silício (SiO_2) apresenta valores mais elevados dentre os demais óxidos ao longo da seção. Os valores aumentam de maneira gradual do topo até o meio da seção. A partir do topo do horizonte Bw2 verifica-se diminuição dos percentuais até a base da seção (Tabela 5).

O óxido de Alumínio (Al_2O_3) é o segundo em maior concentração, dentre o grupo dos dez principais óxidos (Tabela 5). Ao longo da seção, apresenta menor concentração no horizonte Ap e maiores teores nos materiais correspondentes ao horizonte BC. Verifica-se percentuais relativamente homogêneos nos materiais entre AB e base do Bw2.

Já o óxido de Ferro (Fe_2O_3) apresenta valores inferiores aos de Al e Si, distribuindo-se de maneira homogênea ao longo da seção. Verifica-se alternância entre concentrações na faixa dos 19 a pouco mais de 20% (Tabela 5).

Tabela 5. Percentual dos dez principais óxidos pelo FRX:

HOR	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	P.F.	SOMA
A	36,31	23,59	20,44	4,68	0,05	0,35	0,14	0,06	0,12	0,16	13,96	99,87
AB	36,75	25,34	19,72	3,74	0,03	0,33	0,16	0,07	0,12	0,15	13,16	99,59
Bw1 topo	36,88	24,75	20,70	4,40	0,03	0,39	0,18	0,07	0,13	0,16	12,13	99,80
Bw1 centro	37,44	24,74	20,42	4,47	0,03	0,34	0,21	0,06	0,12	0,15	11,57	99,56
Bw1 base	37,23	26,02	19,60	3,77	0,02	0,30	0,18	0,07	0,10	0,15	12,08	99,53
Bw2 topo	37,00	25,48	20,39	4,30	0,03	0,27	0,19	0,06	0,11	0,15	11,69	99,67
Bw2 base	36,90	25,59	20,46	4,38	0,03	0,29	0,18	0,05	0,11	0,15	11,74	99,89
BC topo	36,71	26,20	20,12	3,96	0,02	0,24	0,20	0,05	0,11	0,15	11,84	99,60
BC centro	36,79	26,81	19,99	3,91	0,02	0,23	0,18	0,07	0,10	0,15	11,86	100,11
BC base	36,37	26,19	20,35	4,15	0,06	0,26	0,23	0,09	0,11	0,16	11,68	99,65

O óxido de Titânio (TiO₂) apresenta porcentagens semelhantes ao longo da seção. O menor valor registrado ocorre no horizonte AB (3,74%) e maior no horizonte superficial Ap (4,68%). Os maiores valores registrados encontram-se no horizonte Bw1 e Bw2. Ainda, ocorre aumento na base da seção (4,15%). O TiO₂ é indicativo para a gênese do material intemperizado, visto ser componente de menor mobilidade. Ainda, a variação na sua concentração pode indicar diferentes depósitos de material parental (Karin, 1953).

Comparado-se a concentração de óxidos nos materiais (Tabela 5) com os valores registrados nos clastos constituintes da linha de pedras (Tabela 6), verifica-se mudança significativa nos valores dos principais óxidos - Fe₂O₃, Al₂O₃, SiO₂ e TiO₂. Destaca-se o Fe₂O₃, com percentual muito elevado, comparado aos demais elementos presentes, enquanto os óxidos de alumínio e de silício estão em concentrações menores que 6%. Os demais componentes, incluindo o TiO₂, com concentrações inferiores a 1% (Tabela 6).

Tabela 6. Percentual dos dez principais óxidos por FRX nos clastos da *Stones Lines*:

Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₃	SO ₃	PbO	P.F.
77,4	5,5	2,8	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	<0,1	12,89

Os valores dos óxidos nos clastos que compõem a linha de pedras são indicativos que estes não teriam se formado a partir do acúmulo de óxidos proveniente do intemperismo dos materiais *in situ*. Esses valores (Tabela 6), associado à presença física da linha de pedras, permite se pensar em gênese alóctone dos materiais parentais. Possivelmente, estes fragmentos da linha de pedras possam estar relacionados a condições ambientais do Quaternário, diferentes das atuais, tal como já verificado em outros setores do sul do Brasil (Gaspari et al. 2020; Fumiya et al. 2019; Paisani et al. 2013; Kampf et al. 2009).

Atributos mineralógicos

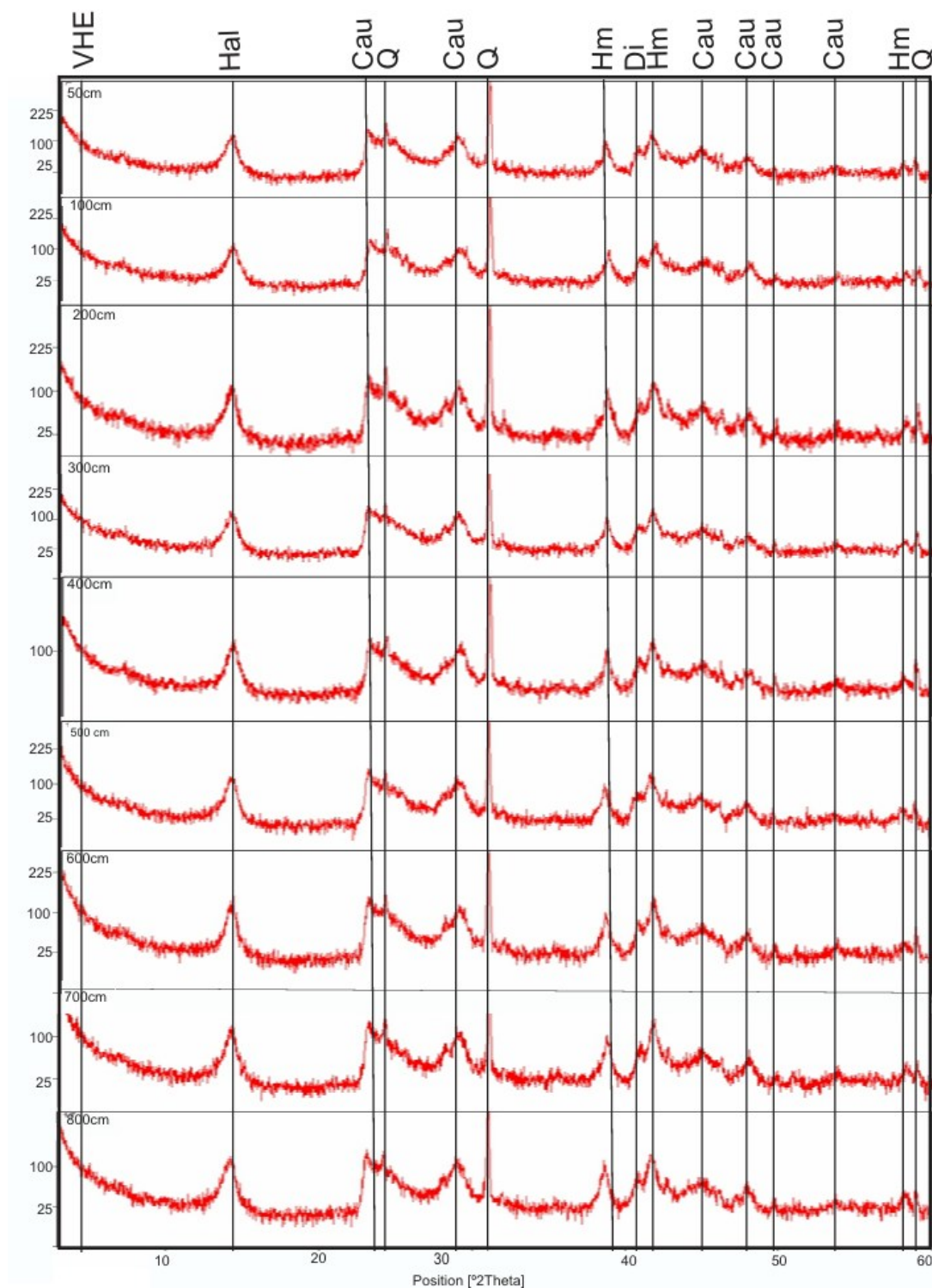
O tratamento por difração de raios-X permitiu identificar, no tratamento em pó, minerais primários - Quartzo (Q), óxidos de Ferro - Hematita (Hm), argilominerais - Caulinita (Cau) e VHE: Vermiculita hidróxi entre camadas, além de óxido de alumínio hidratado - Diásporo (Di) (Figura 7). O Quartzo (Q) ocorre ao longo de toda a seção com cristais bem formados (Figura 7). Isso porque, sendo muito resistente a decomposição química em ambiente hidrolítico, ocorre como mineral herdado do material parental. Os demais minerais – filossilicatos e óxidos de ferro e alumínio, constituem a fase de neoformação de minerais secundários. O Diásporo - hidróxido de Alumínio, tem sua formação relacionada a ambiente com intenso processo intempérico, geralmente associado a argilominerais tipo Caulinita e óxido de Ferro tipo Hematita (Kampf et al. 2009).

Vermiculita hidróxi entre camadas (VHE) é argilomineral do grupo 2:1, portanto pouco evoluído do ponto de vista geoquímico, ocorrendo ao longo de toda a seção estudada (Figura 7). No entanto, uma vez formado, este mineral apresenta grande resistência a decomposição química, sendo considerado altamente estável. Isto explicaria sua ocorrência expressiva em Latossolos Brunos no sul do Brasil (RESENDE et al. 2005). Do ponto de vista de gênese, a presença de VHE indica natureza poligenética dos materiais, como já verificado em Latossolos tanto na Serra da Fartura (Paisani et al. 2013) quanto no meio oeste catarinense (Gaspari et al. 2020).

A Caulinita, Hematita, Diásporo e VHE também ocorrem no tratamento da fração argila. Além desses, registra-se: Ilmenita (Il), Gibsita (Gb), Goethita (Gt) e Maghemita (Mg) (Figuras 8 e 9). Em menor ocorrência tem-se: Phillipsita (Ph), Espinélio (Es), Anátasio (An), Rutilo (Rt).

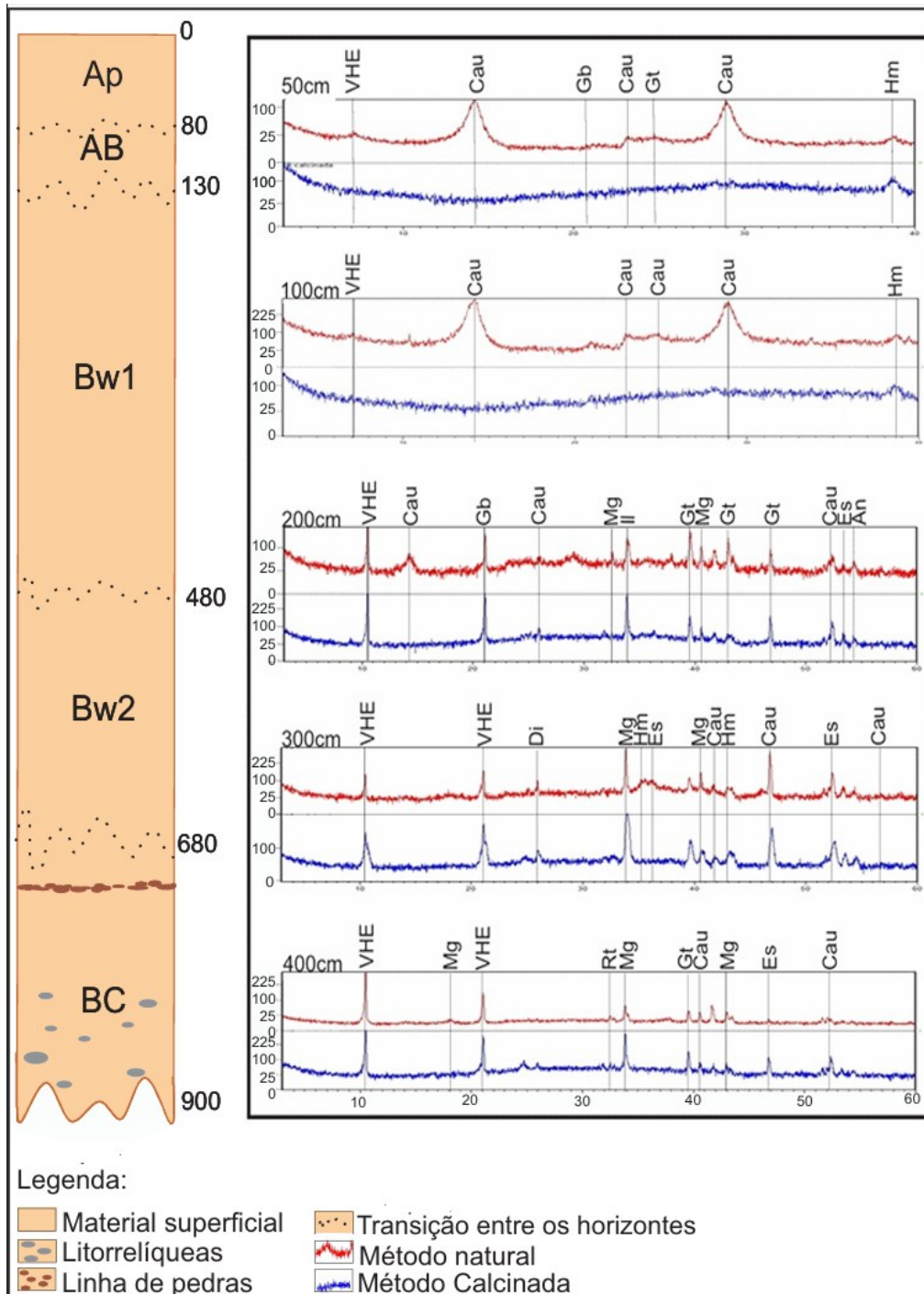
Os minerais presentes a partir do DRX associam-se aos elementos químicos indicados pelo FRX (Tabela 5) e pelo ataque sulfúrico (Al, Si, Fe, Ti e Mg) (Tabela 3). Desses minerais, a Caulinita apresenta picos bem desenvolvidos, indicando tratar-se de argilomineral bem cristalizado, o que é comum em ambiente geoquímico de monossilitização (Kampf et al. 2009; Resende et al. 2005). Ainda, no tratamento da fração argila verifica-se VHE em todas as profundidades e com picos indicando boa cristalização do mineral (Figuras 8 e 9). Este tratamento confirma o que já é sinalizado pelo tratamento em pó (Figura 7).

Figura 7. Composição mineralógica da argila, silte e areia no tratamento do pó:



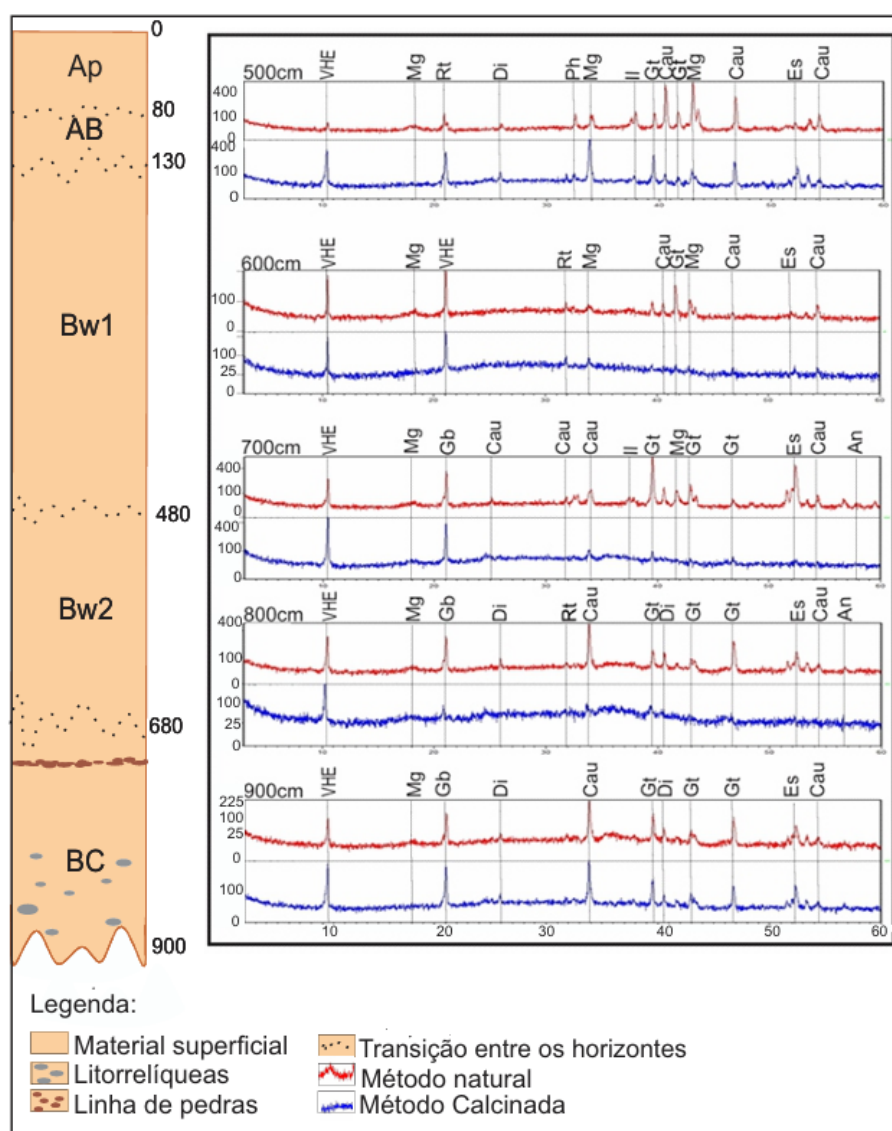
Fonte: elaborado pelos autores, 2023. Cm: centímetros; Cau: Caulinita; Hm: Hematita; Q: Quartzo, Di: diásporo; VHE: Vermiculita entre camadas.

Figura 8. Composição mineralógica da fração argila dos materiais de 50 a 400cm:



Fonte: elaborado pelos autores, 2023. Cm: centímetros; VHE: Vermiculita hidróxi entre camadas; HI: Haloisita; Mg: Maghemita; Gb: Gibbsita; Ca: Caulinita; Hm: Hematita; Gt: Goethita; Rt: Rutilo; Il: Ilmenita; An: Anatásio, Phillipsita (Ph).

Figura 9. Composição mineralógica da fração argila dos materiais de 500 a 900cm:



Fonte: elaborado pelos autores, 2023. Cm: centímetros; VHE: Vermiculita hidróxi entre camadas; Hl: Halóisita; Mg: Maghemita; Gb: Gibbsita; Ca: Caulinita; Hm: Hematita; Gt: Goethita; Rt: Rutilo; Il: Ilmenita; An: Anatásio, Phillipsita (Ph).

Em menores quantidades e com picos indicando menor cristalização, verifica-se minerais tipo óxihidróxidos de Titânio - Ilmenita, Anatásio e Rutilo (Figuras 8 e 9). Estes são indicadores do alto grau de intemperismo de formações superficiais, visto que o elemento Titânio, quando liberado de minerais primários pelo processo intempérico, é altamente resistente a lixiviação (White, 2009; Kampf et al. 2009; Resende et al. 2005). Ressalta-se que o substrato rochoso ígneo na área – fácies Paranapanema, apresenta concentração de óxido de Titânio em sua composição química (Nardy et al. 2002).

Ainda, registra-se presença de Óxido de Mangânes – Phillipsita, na profundidade de 500cm (Figura 9). Phillipsita resulta da alteração de minerais do grupo das

Zeólitas, minerais cuja cristalização no interior de vesículas de rochas ígneas vulcânicas, resultando na formação de amígdalas ou geôdos, é comum (Deer et al. 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos físicos e dos macronutrientes (química de rotina) permitiram identificar sequência de horizontes: Ap, AB, Bw1, Bw2 e BC, os quais compõem LATOSSOLO Bruno Distrófico, caráter alumínico. Este Latossolo apresenta 900 cm de solum, cuja profundidade é bem desenvolvida para ambiente subtropical atual, com presença de linha de pedras a 720 cm.

A química analítica dos 10 principais óxidos por FRX indica material muito evoluído quimicamente, formado a partir de hidrólise do tipo monossilificação. Os teores de Ferro - livre, amorfo e total, confirmam tratar-se de material em estágio evoluído de intemperismo. A sequência alternada dos valores da razão entre os teores de ferro, na seção, não corresponde a padrão clássico de intemperismo in situ, indicando gênese alóctone dos materiais que formam o atual perfil latossólico.

Os valores dos óxidos nos clastos da linha de pedras, não apresentam relação de formação com óxidos provenientes do intemperismo dos materiais in situ, o que confirma gênese alóctone dos materiais parentais. Possivelmente, estes fragmentos da linha de pedras tenham sua formação relacionada a condições ambientais no Quaternário, diferentes das atuais.

A mineralogia da fração argila indica presença de minerais secundários tipo fíossilicatos - Caulinita e Vermiculita Hidróxi entre camadas, bem como óxi-hidróxidos: de Ferro - Hematita e Goethita; de Alumínio – Gibbsita e Diásporo; de Manganês – Phillipsita; e de Titânio - Rutilo e Anatásio. Essa composição mineralógica confirma ambiente geoquímico de monossilificação, tal como demonstrado pelos atributos químicos analisados.

O comportamento dos tipos de minerais e dos tamanhos de picos, na análise por DRX, permite individualizar três conjuntos mineralógicos: do horizonte Ap (50cm) até AB (100cm); Bw1 topo (200cm) até BC topo (700cm) e BC centro (800cm) até a base da seção. Essas semelhanças nos volumes indicam, possivelmente, níveis de deposição de materiais os quais, posteriormente teriam se reorganizado pedogeoquimicamente.

Em suma, os atributos físicos, químicos e mineralógicos dos materiais que compõem patamar dissecado em Trindade do Sul/RS, região do Alto Uruguai, Planalto das Araucárias permitiram, além de confirmar a classificação pedológica dos materiais, identificar a natureza e intensidade geoquímica dos processos intempéricos, bem como sugerir a gênese alóctone dos materiais na área.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, pelo financiamento para realizar o trabalho de campo (Processo 424307/2018-9). A Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) campus de Francisco Beltrão/PR pela utilização do Laboratório de Análise de Formações Superficiais e Laboratório de Microscopia Ótica, vinculados ao Núcleo de Estudos Paleoambientais (NEPA).

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Marga Eliz Pontelli; **Metodologia:** Denise Hobold Soares; **Análise formal:** Denise Hobold Soares; **Pesquisa:** Denise Hobold Soares; **Recursos:** Marga Eliz Pontelli **Preparação de dados:** Denise Hobold Soares; **Escrita do artigo:** Denise Hobold Soares e Marga Eliz Pontelli; **Revisão:** Nome Sobrenome e Nome Sobrenome; **Supervisão:** Marga Eliz Pontelli; **Aquisição de financiamento:** MargaEliz Pontelli.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernando. O Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**, **24**, p. 03-34, 1956.

BERTUOL, Elizandra Carla. Estágio de intemperismo da cobertura superficial na superfície geomorfológica V (Clevelândia/PR) - Planalto das Araucárias. 2014. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, [s.l.], 2017. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3112>. Acesso em: 11 mar. 2024.

BOUTTON, Thomas W. et al. Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. *Mass spectrometry of soils.*, p. 47-82, 1996.

CONSTANTINI E.A.C. Using the analysis of iron oxides in paleosols (TEM, geochemistry and iron forms) for the assessment of presente and past pedogeneses. *Quaternary International*, p. 200 – 2011, 2006.

CURI, Nilton; KAMPF, Nestor. Caracterização do solo. In: KER et al. (Editores). *Pedologia – Fundamentos*. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

CURI, Nilton. Lithosequence and toposequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais States, Brazil.. Tese de Doutorado. Ph. D. Thesis, Purdue University, 1983

DEER, William Alexander. Rock-forming minerals. Vol. 4B Framework Silicates-Silica Minerals, Feldspathoids and the Zeolites. 2ª Edição, The Geological Society, London, 2004.

DEWOLF, Yvette. Proposition pour unedéfinition, unetypologieetunecargraphie deformations superficielles. *USP, Dep.Geogr. Col. Est. Cart. Form. Sup. e Aplic. Reg. Trop.* Vol. 1: 433-445, 1965

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMPRABA, 2006.

FUMIYA, Marcel Hideyuki; SANTOS, Leonardo José Cordeiro; RIFFEL, Silvana Bressan. Morphostratigraphy of Ferruginous Duricrusts in the Northwest of Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 4, 2019

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de pedologia. 2.ed. Rio de Janeiro, 2007. 316p. (Manuais técnicos em geociências, n.4).

INDA JUNIOR, Alberto Vasconcellos. Caracterização de goethita e hematita em solos poligenéticos. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

KÄMPF, N.; CURI, Nilton; MARQUES, João José. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. *Química e mineralogia do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 333-80, 2009.

KARIN, A. The pedological significance of titanium. *J. Soil Sci.*, V. 4, n.1, pag. 56 – 58, 1953.

KAUL, et. al. Geologia. In: Levantamento de recursos naturais, v. 35 - Folha SG.22 Curitiba, parte da Folha SG.21 Asunción e Folha SG.23 Iguape. Rio de Janeiro: IBGE, 2018

MELFI, Adolpho José; PEDRO, Georges. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil: Parte 2-Considerações sobre os mecanismos geoquímicos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 8, n. 1, p. 11-22, 1978.

MOORE, Duane Milton; REYNOLDS, RC, Jr. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. 1989.

NARDY, Antonio José. Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v.21, n 1 e 2, p.15-32, 2002.

OLIVEIRA, M.A.T.; PESSENDA, L.C.R.; BEHLING, H.; LIMA, G.L.; FERREIRA, G.M.S.S. Registro de mudanças ambientais pleistocênicas e holocênicas em depósitos de cabeceira de vale: Campo Alegre, planalto norte catarinense (SC). *Revista Brasileira de Geociências*, v.36, n.3, p. 474-487, 2006.

PAISANI, Julio Cezar, et al. Identificação de superfícies geomórficas entre Abelardo Luz (SC) e Erechim (RS)–bases para compreender a evolução do relevo no vale do Rio Uruguai, Sul do Brasil. *Revista Geonorte*, v. 5, n. 17, p. 79-85, 2014.

PAISANI, Julio Cezar et al. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols—a basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 48, p. 1-12, 2013.

PAISANI, Julio Cezar et al. Subtropical Araucaria Plateaus. In: SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.; PAISANI, J. C. The Physical Geography of Brazil: Environment, Vegetation and Landscape. Springer Nature Switzerland: 2019.

PAISANI, J.C.; LOPES-PAISANI, S.D.; LIMA, S.; RIBEIRO, F.J.; PONTELLI, M.E.; FUJITA, R.H. Paleoenvironmental dynamics of low-order paleovalleys in the Late Quaternary – Palmas/Caçador Summit Surface – Southern Brazil. *Catena*, v.182, 104171, 2019.

PEDRO, Georges. A Alteração das rochas em condições superficiais (perimorfismo) - Caracterização Geoquímica dos processos fundamentais. *Notícia Geomorfológica*. Campinas, v.9, n. 17, p. 1-90, jun., 1969.

PETTIJOHN, John Francis. *Sedimentary rocks*: Harper and Brothers. 1957.

QUEIROZ NETO, José Pereira. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2011.

RESENDE, Mauro. *Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações*. UFLA, 2005.

RIBEIRO, Simone Cardoso; DE LIMA, Flavia Jorge. Depósitos de encostas em regiões tropicais: uma abordagem sobre a formação de colúvios. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 5, p. 334-342, 2012.

ROSSATO, Maíra Suertegaray. *Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia*. 2011.

SANTOS, *et al.* *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, M.L.G; CORRÊA, A.C.B; LIMA, F.J. Caracterização sedimentológica de depósito de encosta no maciço de Água Branca AL: contribuição aos estudos do Quaternário do Nordeste brasileiro. *Simpósio Brasileiro de Geografia Física aplicada*, 2019.

SUGUIO, Kenitiro. *Geologia sedimentar*. Editora: Blucher, São Paulo, 2003.

THOMAS, Michael Frederic. *Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes*. John Wiley & Sons, 1994.

TSAI, Heng. Pedogenic correlation of lateritic river terraces in central Taiwan. *Geomorphology*. Science Direct, p. 201-213, 2007.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0