

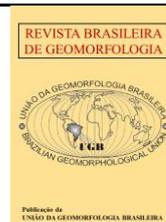


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 26, nº 2 (2025)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v26i2.2664>



Artigo de Pesquisa

Relações entre solo, relevo e material de origem na região da Escarpa Devoniana em Ponta Grossa – Sul do Brasil

Relationship between soil, relief, and parental material in the Devonian Escarpment – Ponta Grossa – Southern Brazil

Guilherme Sviech ¹, André Pires Negrão ² e Marcos Roberto Pinheiro ³

¹ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, Brasil. E-mail: gsviech@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4807-1873>

² Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, Brasil. E-mail: andrenegrao@usp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4879-5394>

³ Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, São Paulo, Brasil. E-mail: m3279574@usp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0864-2441>

Recebido: 28/01/2025; Aceito: 30/04/2025; Publicado: 06/05/2025

Resumo: A interação solo, relevo e material de origem é complexa na chamada Escarpa Devoniana, em Ponta Grossa (PR), situada na transição entre o Primeiro (embasamento cristalino) e o Segundo Planalto (Bacia do Paraná) Paranaenses. Considerando esse particular arcabouço geológico-geomorfológico, este trabalho buscou compreender a relação entre essas três variáveis em um setor da área em questão. Com base nos dados de elevação Copernicus (30 m) e na litologia, a área foi dividida em compartimentos morfopedológicos, para os quais foi inferida a provável cobertura pedológica. Em campo, foram realizadas descrições de perfis de solo e coletadas amostras, submetidas a análises granulométricas e químicas para fins de classificação. Os resultados mostram que no reverso da escarpa dominam Neossolos Litólicos Húmicos e Hísticos, cuja gênese é possibilitada pela presença de depressões fechadas, as quais evoluem por processos de dissolução associados aos ácidos orgânicos. Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem nos interflúvios sem feições pseudocársticas. No Primeiro Planalto, dominam Argissolos Vermelho-Amarelos associados a Cambissolos Háplicos nas vertentes, enquanto que nos Vales de Fundo Plano ocorrem Gleissolos Háplicos associados a Cambissolos Háplicos. Na Frente Escarpada, em função do relevo declivoso, dominam Neossolos Litólicos, sobre rochas metamórficas, mas com baixa concentração de matéria orgânica.

Palavras-chave: Geomorfologia; Depressões Fechadas; Morfopedologia; Planaltos Paranaenses.

Abstract: The relationship between soil, relief, and parent material in the so-called Devonian Escarpment, in Ponta Grossa (Paraná State), in the transition between the First (basement) and Second (Paraná Sedimentary Basin) Paranaense Plateaus. Considering this complex geological-geomorphological framework, this study aims to understand the complex relationship between soil, relief, and lithology in a sector of this area. Together with geological information, Copernicus elevation data were interpreted, in order to divide the study area in morphopedological units, for which the probable soil cover was inferred. Subsequently, field work was carried out to describe soil profiles and collect samples to perform granulometric and chemical analysis. On the top of the Second Plateau, *Neossolos Litólicos* (Leptosols) *Húmicos* and *Hísticos* dominate due to the presence of closed depressions, whose origin is related to mineral dissolution caused by organic acid. *Cambissolos* (Cambisols) *Háplicos* and *Latossolos* (Ferralsols) *Vermelho-Amarelos* occur in interfluves where there are no closed depressions. In the First Plateau, *Argissolos* (Acrisols) *Vermelho-Amarelos* associated with *Cambissolos* (Cambisols) *Háplicos* dominate on the slopes, while in the flat-bottomed valleys, *Gleissolos* (Gleysols) *Háplicos* associated with *Cambissolos* (Cambisols) *Háplicos* occur. In the Escarpment Front, *Neossolos Litólicos* (Leptosols) with low concentration of organic matter dominate over metamorphic rocks due to the presence of very steep relief.

Keywords: Geomorphology; Closed Depressions; Morphopedology; Paraná Plateaus.

1. Introdução

Desde os trabalhos clássicos de Fallou (1862) e Dokuchaev (1879), se estabeleceu que clima, relevo, material de origem, organismos e tempo são os fatores de formação do solo, questão essa que foi resgatada por Jenny (1941). Ainda que a importância desses 5 fatores seja consensual, verifica-se uma relação ainda mais particular entre solo e relevo, de forma que a gênese e evolução de um afeta a gênese e a evolução do outro, sendo difícil dissociá-los (QUEIROZ NETO, 2000, 2002, 2011), questão esta que tem sido confirmada por inúmeros trabalhos mais recentes realizados em várias partes do país (e.g. FURIAN et al., 1999, VILLELA et al., 2013, FURQUIM et al., 2017; PINHEIRO et al., 2020; SANTOS et al., 2024). Além do relevo e do clima, a litologia subjacente aos solos constitui um dos mais evidentes fatores que influenciam na formação destes. Sendo assim, conhecer a geomorfologia e a cobertura pedológica constitui uma valiosa ferramenta para inferir informações acerca das litologias e estruturas geológicas presentes em locais com poucos afloramentos rochosos.

Dentro deste contexto, destaca-se a técnica de cartografia morfopedológica, estruturada por Castro e Salomão (2000), como uma ferramenta para o estudo da relação entre solos, relevos e os materiais parentais (rochas, sedimentos e outros solos). Esta técnica envolve a compartimentação do relevo em relação ao solo e à litologia a partir de levantamentos aerofotogramétricos ou modelos digitais de elevação, mapeamentos geológicos pré-existent e posterior detalhamento a partir de trabalhos de campo. A técnica é amplamente utilizada no meio científico, existindo mais de 90 publicações que a utilizam como metodologia (FIGUEIREDO e SALOMÃO, 2023).

Nesse contexto, a região da chamada Escarpa Devoniana, situada na transição do Segundo Planalto Paranaense, esculpido nos sedimentos da Bacia Sedimentar do Paraná, para o Primeiro Planalto Paranaense, formado no embasamento cristalino Pré-Cambriano, no Estado do Paraná, exibe de forma singular as relações entre as variáveis em questão. Contudo, os dados sobre estes componentes do meio físico existentes sobre a área ainda são escassos ou integram estudos regionais, inviabilizando o uso destes para estudos de maior escala (e.g. EMBRAPA, 1984, BOGNOLA et al., 2003, PARANÁ, 2004). Sendo assim, o objetivo deste trabalho é compreender a interação entre relevo, solo e material de origem em um setor da transição entre o Segundo e Primeiro Planalto Paranaenses, de forma a compreender como ocorre a mútua influência entre essas três variáveis, contribuindo para explicar a evolução da paisagem da área.

2. Área de Estudo

A área de estudo abrange a região de Abranches e Palmitalzinho, duas localidades que se encontram no município de Ponta Grossa, no Paraná (Sul do Brasil), 30 km a sudeste da zona urbana da cidade (Figura 1). Estas localidades destacam-se por estar no limite entre o Primeiro Planalto e o Segundo Planalto Paranaenses, a chamada Escarpa Devoniana (MAACK, 1968).

A escarpa é fruto do recuo erosivo da Formação Furnas, de idade devoniana e pertencente à Bacia Sedimentar do Paraná, sobre o embasamento cristalino (MAACK, 1968). Na região escolhida, este recuo erosivo expressa-se de forma especialmente didática num relevo dissimétrico, composto de um reverso (Segundo Planalto - altitude aproximada de 1.050 m) sustentado pela Formação Furnas, enquanto que a zona deprimida (Primeiro Planalto - altitude aproximada de 600 m) é esculpida sobre o embasamento Pré-Cambriano. Entre as duas unidades, forma-se um relevo muito dissecado pelo sistema fluvial, integrando a zona escarpada. Embora morfologicamente seja um relevo semelhante às cuevas, o termo mais adequado para se referir a ele é *glint*, que, de acordo com Peulvast e Varney (2001), consiste num escarpamento aclinal que se forma no contato discordante entre litologias sedimentares e o embasamento cristalino.

A área de estudo está situada não apenas entre duas grandes unidades geomorfológicas, como também entre duas morfoestruturas: o Cinturão Orogênico do Atlântico e a Bacia Sedimentar do Paraná (SANTOS et al. 2006). A Bacia do Paraná é uma das principais unidades geotectônicas da América do Sul, tendo sido formada entre o Ordoviciano e o Cretáceo Superior (MILANI, 2004). Segundo este último autor, esta bacia corresponde a uma sinéclise intracratônica e passou por seis supersequências: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru. A Formação Furnas, que sustenta o relevo da Escarpa (Figura 2), foi formada na Supersequência Paraná e é constituída por arenitos médios de ambiente fluvial (MILANI, 2004), apresentando elevado grau de cimentação por sílica e caulinita (DE ROS, 1998). Esta Formação é constituída, ainda, por uma camada basal de conglomerados (MILANI, 2004) e, nos topos de ciclos deposicionais, camadas pelíticas (DE ROS, 1998).

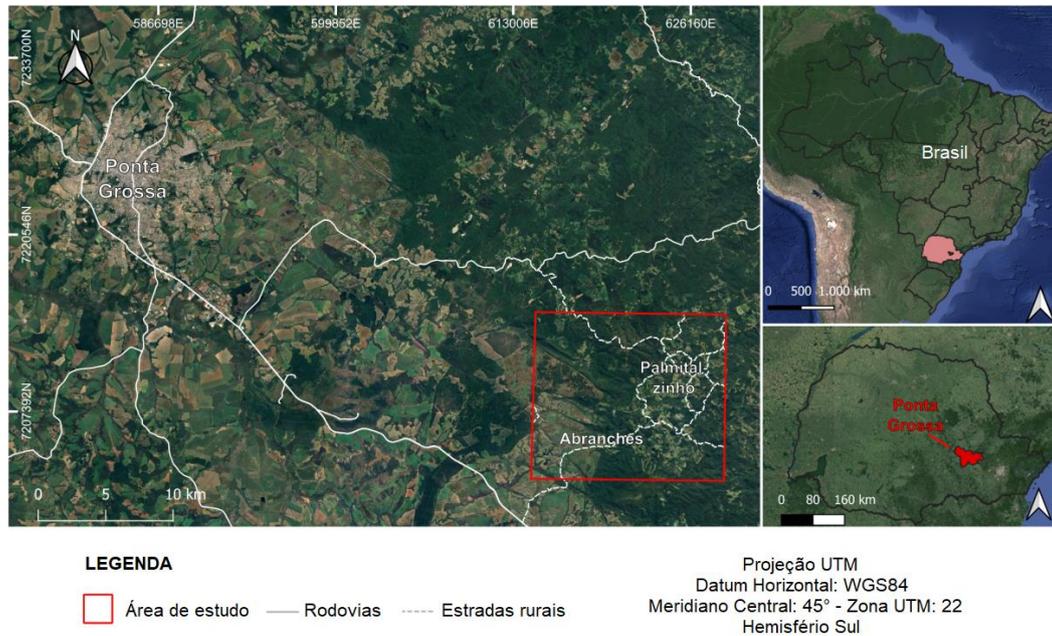


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Imagem de satélite: Google Earth, 2024.

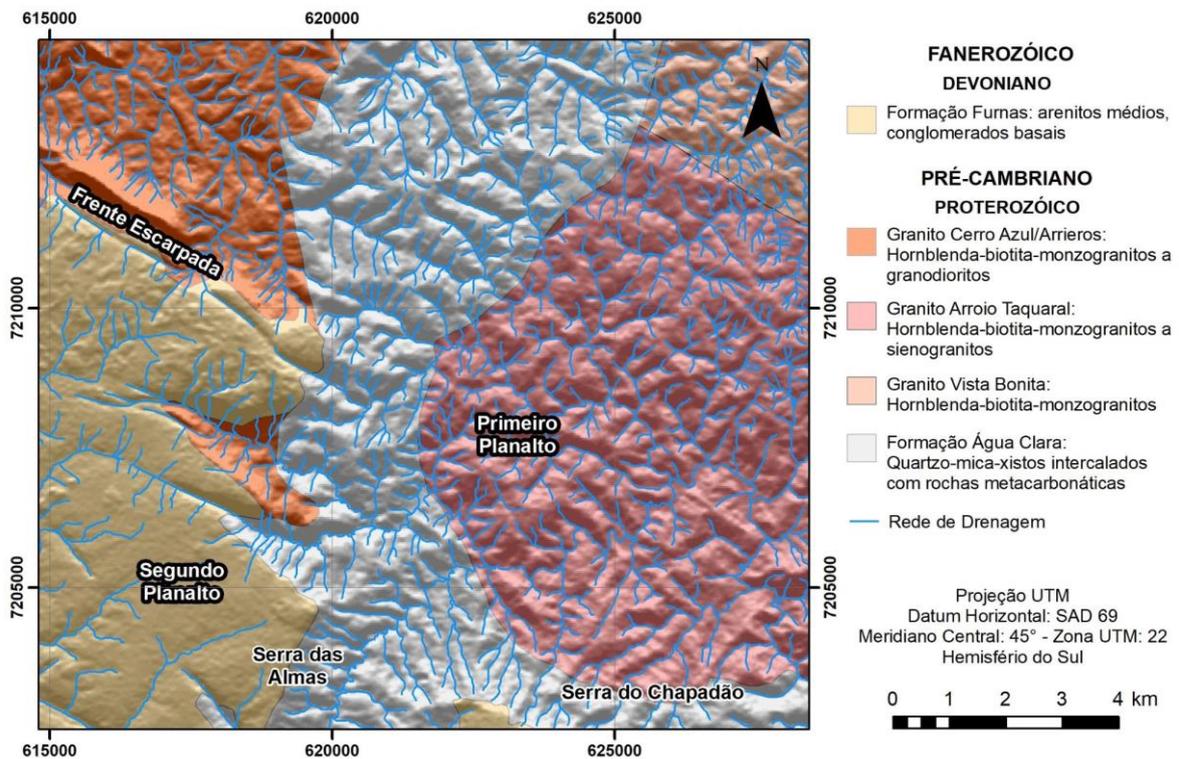


Figura 2. Mapa geológico da região estudada. Adaptado de (BESSER et al, 2021). MDT: SRTM/NASA, 2000.

O Cinturão Orogênico do Atlântico integra o embasamento cristalino da região, que compõe o relevo mais dissecado e corresponde ao Primeiro Planalto Paranaense. Na região de estudo, esta morfoestrutura expressa-se como o Cinturão Ribeira, resultado da Orogenia Brasiliana, de idade neoproterozóica (BESSER et al, 2021). O Cinturão Ribeira é uma complexa unidade geotectônica, parte da Província Mantiqueira, e contém diferentes terrenos. Dentre eles, destaca-se o Terreno Apiaí, que sustenta o cristalino da região estudada.

Segundo Hasui et al. (1975), o Terreno Apiaí é constituído pelo Supergrupo Açungui, o Grupo São Roque, o Grupo Serra do Itaberaba e batólitos e stocks graníticos. No Supergrupo Açungui, destaca-se a Formação Água

Clara, aflorante na área de estudo. Dois importantes batólitos graníticos são o BTC (Batólito Três Córregos) e o BCP (Batólito Cunhaporanga). O BTC compõe o restante do terreno da área de estudo, onde afloram as subunidades Arrieros/Cerro Azul e Conceição. A Unidade Conceição é subdividida entre as fácies Arroio Taquaral e Vista Bonita, ambas aflorantes no leste da área de estudo (Figura 2).

De idade mesoproterozóica segundo Weber et al. (2002), a Formação Água Clara possui grau de metamorfismo médio, entre as fácies xisto-verde e anfibólito. Para esses autores, a deposição original é interpretada como ambiente de plataforma profunda. Esta Formação apresenta uma grande variedade litológica e é subdividida entre dois membros: o Membro Inferior e o Membro Superior. O Membro Inferior, aflorante na região central e centro-norte da área de estudo, é composto predominantemente por quartzo-mica-xistos com clorita, biotita e muscovita, apresentando ainda intercalações com metabasitos, quartzitos, metamargas, metacherts e mármore. O Membro Superior possui litologia predominantemente carbonática, sendo constituído de mármore e calcoxistos em intercalações com quartzitos e quartzo-mica-xistos.

A Unidade Granítica Arrieros/Cerro Azul, aflorante na região NW da área, corresponde a hornblenda-biotita-monzogranitos a granodioritos porfíricos predominantemente acinzentados (PRAZERES FILHO, 2003). São rochas graníticas do tipo I. Possuem alto teor de potássio e apresentam-se como calcalinas e metaluminosas. Segundo este autor, a Unidade Conceição também é calcalina, metaluminosa e de tipologia I. A fácies Arroio Taquaral corresponde a hornblenda-biotita-monzogranitos a sienogranitos avermelhados e de textura média. A fácies Vista Bonita corresponde a hornblenda-biotita-monzogranitos rosados. Esta unidade também possui alto teor de K.

Sobre essas litologias, formam-se solos de tipos variados. Segundo Paraná (2004), na área ocorrem Cambissolos Háplicos, Latossolos Brunos, Nitossolos Háplicos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Litólicos, além de afloramentos rochosos.

Finalmente, destaca-se que o clima da região, na classificação de Köppen, é do tipo Cfb (CRUZ, 2007): mesotérmico (verão ameno e temperatura média do mês mais quente abaixo de 22° C) sem estação seca definida. Para Moraes e Galvani (2012), a precipitação média do município de Ponta Grossa (Janeiro de 1954 a Dezembro de 2001) é de 1.553,2 mm, enquanto que a temperatura média do ar é de 18 °C. Ainda segundo estes autores, a evapotranspiração (ETP) alcança 821,6 mm, sendo o excedente hídrico (EXC) de 733,4 mm.

2. Materiais e Métodos

A abordagem metodológica deste trabalho segue os princípios da cartografia morfopedológica, estruturada por Castro e Salomão (2000), com base no trabalho clássico de Tricart e Kilian (1979), posteriormente aprimorada por Pinheiro (2009). Nesse contexto, primeiramente, foi elaborado um modelo digital de elevação da área de estudo por meio do software QGIS, a partir dos dados topográficos Copernicus, cuja resolução espacial é de 30 m (3 arcos por segundo). Com base neste MDE, foram gerados dados de hipsometria, declividade e perfis topográficos, necessários para o reconhecimento dos padrões de relevo da área. A partir da interpretação visual desses produtos, a área de estudo foi dividida em unidades homogêneas com relação aos padrões de formas, tendo como critérios a hipsometria e a rugosidade do relevo. Com base nessas informações do relevo, bem como nos dados geológicos de Besser et al. (2021), foram inferidos os prováveis solos que recobrem cada unidade, o que norteou o levantamento de campo. Neste, foram descritos perfis de solo, de acordo com Santos et al. (2015), em todas essas manchas homogêneas. Também foram conferidas as informações referentes à litologia local e as características geomorfológicas gerais (declividade e morfologia de vertentes) de cada unidade, permitindo a determinação das relações solo-relevo-litologia de forma mais segura.

Além disso, foram coletadas 23 amostras de solos para serem submetidas à análise laboratorial, privilegiando perfis considerados como chave para a compreensão da gênese dos solos e das suas relações com as formas e o material parental. Tais amostras foram enviadas ao Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), no qual foram realizadas análises químicas (pH H₂O, pH KCl 1 mol L⁻¹, conteúdo de carbono orgânico, conteúdo dos elementos P, K, Ca, Mg e Al, H+Al, cálculos de saturação por bases, capacidade de troca catiônica, V% e m%) e granulométricas para fins de classificação, que seguiu o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS et al., 2018).

Quando os resultados preliminares, inferidos em gabinete, foram confrontados com a realidade de campo, verificou-se a complexidade entre solo, formas e litologias era maior do que se supunha. Por conta disso, optou-se

por realizar um mapeamento geomorfológico de detalhe de um trecho amostral do 2º Planalto, a fim de compreender melhor de que forma estas 3 variáveis se articulam no reverso da escarpa. O mapeamento, que seguiu a legenda proposta por Queiroz Neto e Journaux (1978), modificada por Pinheiro e Queiroz Neto (2016), foi feito com base na interpretação de fotografias aéreas pancromáticas 1:25.000 (ITC-PR, 1980).

Todos esses dados citados foram confrontados com as informações morfopedológicas preliminares, permitindo, assim, (1) estabelecer os limites finais das unidades morfopedológicas, (2) corrigir os dados pedológicos, geológicos e geomorfológicos inferidos em gabinete e (3) compreender como se dão as relações entre relevo, litologia e cobertura pedológica na região estudada, alcançando, assim, o objetivo do presente trabalho.

3. Resultados

A primeira etapa da compartimentação morfopedológica se deu pela individualização das 3 grandes unidades geomorfológicas de primeira ordem (Primeiro Planalto, Frente Escarpada e Segundo Planalto) presentes na área, feições estas reconhecidas no mapa Geomorfológico do Estado do Paraná (SANTOS et al., 2006). Esses grandes compartimentos foram subdivididos em 7 unidades morfopedológicas (Figura 3): Primeiro Planalto: Vales de Fundo Plano, Morros e Morrotes Dissecados, Morros e Morrotes de Topo Suave, e Colinas; Frente Escarpada; Segundo Planalto: Interflúvios Suavemente Convexos e Vales de Fundo Plano. As características geomorfológicas de cada unidade, bem como suas informações geológicas e pedológicas, serão descritas a seguir.

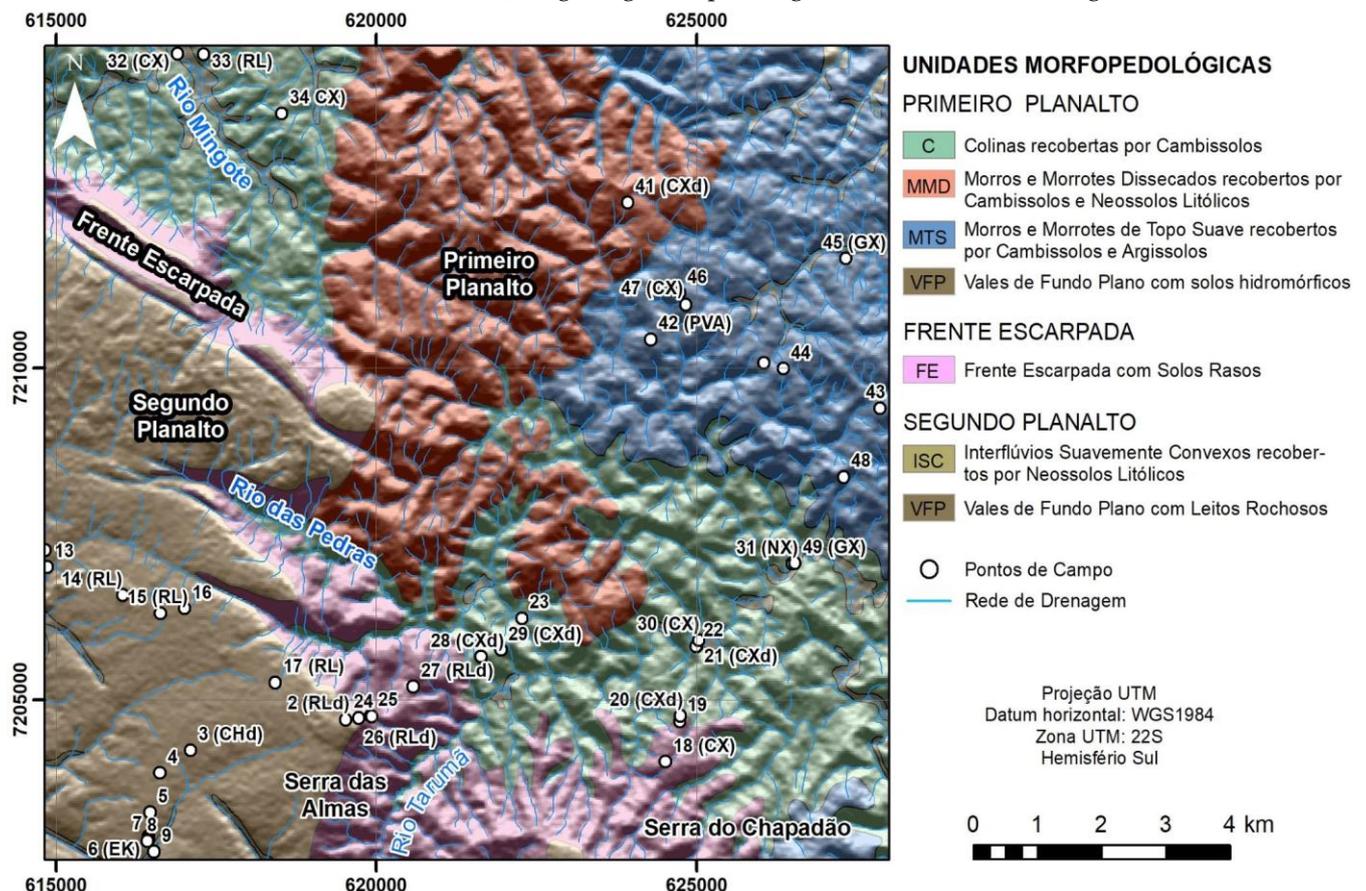


Figura 3. Mapa de compartimentos morfopedológicos da área de estudo. MDT: SRTM/NASA, 2000.

- Primeiro Planalto (1P)

Esta unidade compreende toda a área abaixo da escarpa, pertencente ao chamado Primeiro Planalto Paranaense, subdividido nos compartimentos exibidos na Figura 3. A unidade das Colinas recobertas por Cambissolos (C) apresenta altitude variando de 700 a 900 m e corresponde a regiões de topografia suavemente convexa, com declividades predominantes de 10 a 20°, podendo chegar a 30° apenas nas eventuais cornijas. Por

conta da topografia suave, este compartimento tem baixa densidade de drenagem, que se apresenta com padrão dendrítico.

Os Morros e Morrotes Dissecados recobertos por Cambissolos e Neossolos Litólicos (MMD) possuem amplitude altimétrica superior a 100 m, e podem apresentar vertentes bastante íngremes, superando 45° de declividade. A altimetria varia de 850 a 1.080 m de altitude, valor compatível com o do Segundo Planalto, sendo a unidade de maior elevação altimétrica dentro do Primeiro Planalto. Têm alta densidade de drenagem, predominantemente dendrítica, embora o padrão seja ocasionalmente subparalelo. Essas características geomorfológicas compreendem um relevo ondulado a forte ondulado, sustentado principalmente por xistos da Formação Água Clara.

Os Morros e Morrotes de Topo Suave recobertos por Cambissolos e Argissolos (MTS), assim como os MMD, têm vertentes com mais de 100 m de amplitude. Contudo, sua altimetria é ligeiramente mais baixa, variando de 790 a 960 m. Os topos e vertentes são suavemente convexos, enquanto que a rede de drenagem se organiza num padrão dendrítico. Essa paisagem, esculpida sobre monzogranitos e sienogranitos, parece corresponder a um nível intermediário entre o relevo mais dissecado da unidade MMD e o modelado mais suavizado do compartimento das Colinas.

Os Vales de Fundo Plano com solos hidromórficos (VFP) ocorrem de 690 a 810 m de altitude, e incluem também as planícies e terraços fluviais, especialmente os dos principais canais de drenagem que cortam a área, os rios do Rincão, das Pedras, Tarumã e Santa Cruz. Esses vales amplos são zonas com declividades muito baixas, geralmente de 0 a 3°, não excedendo 12° nas zonas mais íngremes. Por terem fundo plano e estarem sujeitos à dinâmica dos rios, são considerados como ambientes mal drenados e provavelmente constituídos de material aluvial, ainda que os mapas geológicos que cobrem a área, geralmente de pequena escala, não tenham mapeado esses depósitos.

Com relação à cobertura pedológica do 1º Planalto, verificou-se, de forma geral, a predominância de Cambissolos e Argissolos, geralmente de textura argila a franco-argilosa (Tabela 1), bastante ácidos, com pH de 4,89 (ponto 31) a 5,26 (ponto 20), lixiviados (média de saturação por bases <20%) e derivados da alteração de xistos e granitos (Tabela 2). Os Argissolos estão especialmente presentes nos topos dos MTS e MMD. São solos com nítido incremento de argila do horizonte A para o Bt, onde se observa presença de cerosidade, indicando iluviação da fração coloidal. Alguns perfis apresentam horizonte com características análogas às de um horizonte Bw (solo friável, estrutura em blocos fraca que se desfaz em granular e poucos minerais alteráveis visíveis) subjacente ao Bt. Considerando essas características, bem como a cor (5YR 5/6; 7.5YR 4/3) e a baixa saturação em bases trocáveis (Tabela 2), esses Argissolos foram classificados como Vermelho-Amarelos distróficos. Destaca-se a frequente presença de bolsões de saprólito de granito dentro destes perfis, especialmente no horizonte C ou BC, bem como a presença de areia grossa enriquecida em quartzo e feldspato em todos os horizontes.

Os Cambissolos encontrados em C, MTS e MMD podem ser espessos, com horizonte C chegando a mais de 2 m de espessura. Contudo, os horizontes A e Bi são delgados e incipientes, o que é reforçado pela presença de fragmentos de rocha, quantidade elevada de silte (Tabela 1) e de minerais primários alteráveis (micas e feldspatos, além do quartzo), indicativos de baixo grau de desenvolvimento. Os horizontes C ou CR dos solos apresentam cor com tons rosados, enquanto os horizontes B apresentam cores mais brunadas e vermelho-amarelas (7.5YR 4/6), como pode ser observado na Figura 4A.

Todos os Cambissolos descritos são háplicos e distróficos (V%: <20%), mas apresentam diferença substancial em função do material de origem: os solos formados a partir do granito Cerro Azul geralmente são mais incipientes que os do granito Arroio Taquaral. No Cerro Azul, cujos granitos apresentam fenocristais de feldspato, há uma elevada concentração desse mineral pouco alterado até o horizonte superficial, formando cascalhos angulosos. Sob a fácies Arroio Taquaral, de composição monzogranítica a sienogranítica, os solos são ligeiramente mais espessos e apresentam mais quartzo na fração grossa. Em contrapartida, os Cambissolos e Argissolos (Figura 4B) derivados dos xistos da Formação Água Clara são de textura mais fina, predominando a argila (35 a 48% no ponto 41- Tabela 1) sobre o silte e a areia, e apresentando nítida ocorrência de muscovitas desde o horizonte R até o B.

Tabela 1. Dados granulométricos dos solos do 1º Planalto.

Ponto	Solo	Horizonte	Areia (%)					Silte (%)	Argila (%)	
			AMG	AG	AM	AF	AMF			AT
20	CXd	Ap	14,8	15,5	9,6	5,6	2,1	47,7	17	35,3
		BA	15,3	13,2	9,4	5,8	2	45,7	11,4	42,8
		Bi	17,8	9,1	5,6	3,7	1,5	37,9	14	48,1
		C1	14,6	8,3	4,2	3,2	2	32,4	30,1	37,5
		C2	12,7	7,9	4,8	4,4	3,5	33,5	41,4	25,1
26	RLd	A	4,7	5,8	7,9	14,4	22,6	55,3	32,1	12,6
		A	0	0,2	0,6	1,8	2,4	5,1	54,1	40,8
31	NB	Bni	0	0,2	0,4	1,27	2,1	4,1	55,2	40,7
		120 cm*	0	0,4	0,7	2	3,2	6,4	42,4	51,2
		Ap	0,7	1,7	3,3	10,4	17,1	33,3	31,4	35,3
41	CXd	Bi1	0,9	1,9	2,9	10,6	18,6	35,1	29,3	35,6
		Bi2	1	1,7	2,7	9,5	18,9	33,8	26,5	39,7
		CB	1,3	1,7	2,3	8,3	18,8	32,3	19,8	47,8
		Ap	0,7	1,7	3,3	10,4	17,1	33,3	31,4	35,3

Legenda: AMF: Areia muito fina (0,053 – 0,125 mm); AF: Areia fina (0,125 – 0,250 mm); AM: Areia média (0,250 – 0,5 mm); AG: Areia grossa (0,5 – 1 mm); AMG: Areia muito grossa (1 – 2 mm); AT: Areia Total (0,053 – 2 mm). * Material coletado a 120 cm de profundidade com trado.

Tabela 2. Dados químicos dos solos do 1º Planalto.

Parâmetros Físico-Químicos do Solo															
Ponto	Solo	Horizonte	Unidades		g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mmolc.kg ⁻¹					%			
			-	-			pH H ₂ O	pH KCl	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
20	CXd	Ap	5,26	4,13	42	<1,2	1,61	25,6	2,9	9,2	82	30,1	112,1	27	33
		BA	5,25	4,23	23,5	<1,2	0,69	12	1,5	11	56,6	14,2	70,8	20	44
		Bi	5,23	4,15	16,6	<1,2	0,51	7,1	1,1	14,5	42,6	8,7	51,3	17	62
		C1	5,1	4,11	12,4	<1,2	0,41	3,1	0,1	17,9	25,4	3,6	29	12	83
		C2	4,93	4,08	10,4	<1,2	0,56	0,8	<0,1	22,4	35,3	1,4	36,7	4	94
26	RLd	A	4,99	4,13	13	1,4	0,61	<0,5	<0,1	13	21,7	0,8	22,5	4	94
		A	4,89	3,88	22,2	3	1,15	6,6	4,9	26,8	58,5	12,7	71,2	18	68
31	NB	Bni	4,85	3,91	16,1	4,2	0,74	4,6	4,1	27,2	72,8	9,4	82,2	11	74
		Ap	5	4,15	39	1,4	1,13	8,8	3,1	8,4	76,5	13	89,5	15	39
		Bi1	4,9	4,37	26,4	<1,2	0,59	4,9	0,5	3,7	44,9	6	50,9	12	38
41	CXd	Bi2	4,9	4,57	17	<1,2	0,49	2,3	<0,1	2	39,3	2,8	42,1	7	42
		CB	5,05	4,83	10,6	1,7	0,43	3	<0,1	0,4	31,3	3,4	34,7	10	10
		Ap	5	4,15	39	1,4	1,13	8,8	3,1	8,4	76,5	13	89,5	15	39

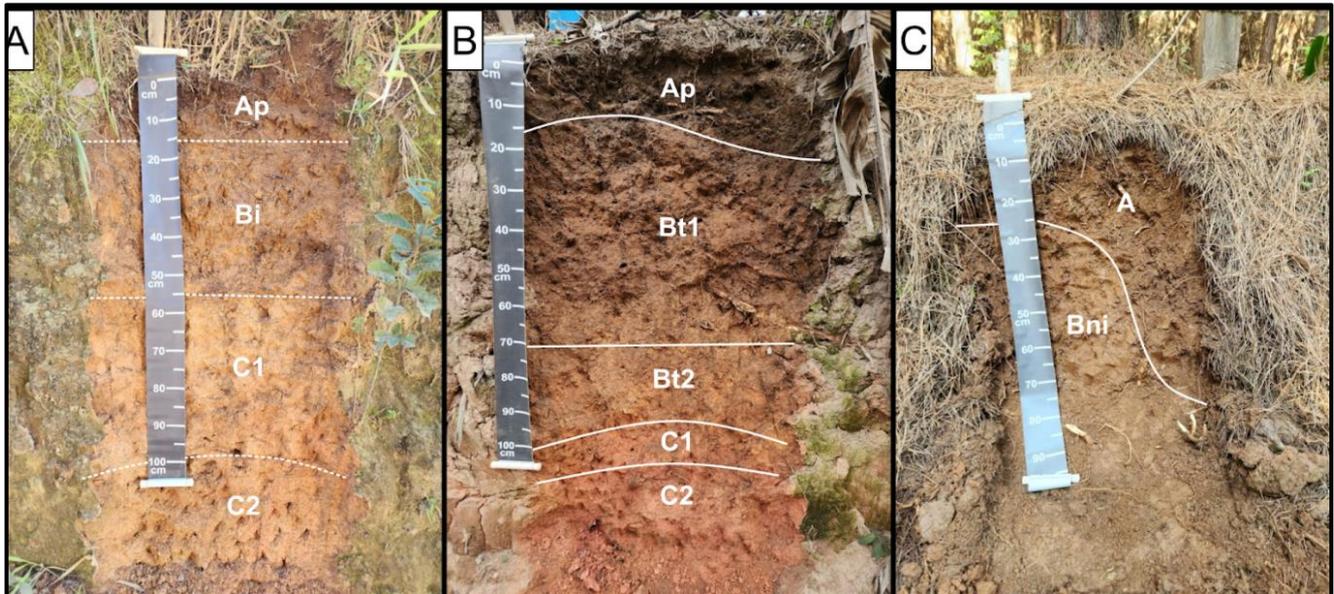


Figura 4. Solos do Primeiro Planalto. A) Cambissolo Háplico, ponto 21. B) Argissolo Vermelho-Amarelo, ponto 42. C) Nitossolo Bruno, ponto 31. Linhas contínuas indicam transições claras entre horizontes, enquanto linhas pontilhadas indicam transições difusas. Cada divisão da escala equivale a 5 cm.

Nos VFP, a presença de Gleissolos Háplicos é notável, o que condiz com as condições de má drenagem destes locais, denunciadas por cores mosqueadas associadas às feições redoximólicas. São solos em que dominam cores neutras e acinzentadas (10Y 5/1; Glei 1 6/N) e textura variando entre franco-argilo-siltosa a franco-siltosa, umidade elevada e nível d'água suspenso no contato do solo com o material parental, geralmente depósitos fluviais. Cambissolos Háplicos também foram encontrados nesses vales amplos, ocasionalmente associados aos Gleissolos, mas ocupando posições ligeiramente mais elevadas, como terraços fluviais baixos e barras de acreção. Foi encontrado, ainda, um perfil de Nitossolo Bruno Distrófico típico (Figura 4C) na transição entre o sopé de um morro e o fundo do vale.

- Frente Escarpada (FE)

A Frente Escarpada corresponde à transição entre o Primeiro e o Segundo Planaltos, marcando o limite entre a Bacia Sedimentar do Paraná e o embasamento cristalino. Ela corresponde ao setor de relevo mais declivoso da área, com vertentes cujas inclinações variam de 12 a mais de 45°. Embora seja considerada uma escarpa, a morfologia atual desta feição já é bastante atenuada ou suavizada em virtude do avançado trabalho erosivo do sistema fluvial sobre a borda da bacia (Figura 5). As vertentes que exibem paredões de rochas estão restritas aos afloramentos do Furnas e aos grandes anfiteatros que acentuam o festonamento da escarpa.

A Frente Escarpada é sustentada pelo Arenito Furnas, sobre o qual encontram-se relevos ruíniformes, e, em certos setores, pelos xistos da Formação Água Clara. São solos mais incipientes que os do Primeiro Planalto, geralmente ácidos e lixiviados, dominando Neossolos Litólicos, siltosos e rosados (5YR 4/4), sendo derivados da alteração de xistos (Figura 6).



Figura 5. Vista da borda do 2º Planalto, a partir do qual se observam, ao fundo, os esporões que assinalam o festonamento da frente escarpada. No primeiro plano, afloramento de matacões do arenito Furnas.

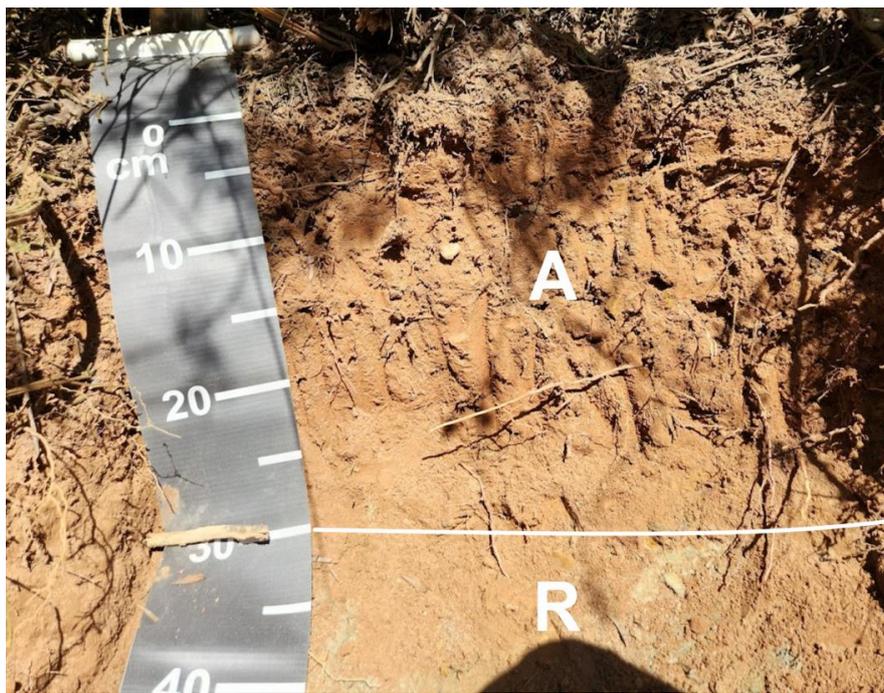


Figura 6. Neossolo Litólico da Frente Escarpada. Horizonte A em contato lítico com horizonte R (xisto). Ponto 26.

• Segundo Planalto (2P)

Os Interflúvios Suavemente Convexos recobertos por Neossolos Litólicos (ISC) são feições esculpidas integralmente na Formação Furnas e têm menos de 100 m de amplitude altimétrica, variando de 1.060 a 1.130 m de altitude, exibindo extrema suavidade nos topos e vertentes, cujos limites são difíceis de serem assinalados (Figura 7). Não raro, o relevo deste compartimento apresenta-se como plano e sua rede de drenagem tem densidade muito baixa. Entre esses amplos interflúvios suaves encontram-se Vales de Fundo Plano com Leitos Rochosos (VFP) do Segundo Planalto, com altimetrias que variam de 940 a 1.060 m e declividade inferior a 12°.



Figura 7. Paisagem típica do 2º Planalto, mostrando amplos interflúvios convexos dissecados por drenagens que correm diretamente sobre o arenito Furnas.

No Segundo Planalto, verificou-se a presença de solos apenas nos Interflúvios Suavemente Convexos, enquanto que os Vales de Fundo Plano apresentam-se como leitos rochosos de rios. Os solos do ISC são predominantemente Neossolos Litólicos de textura franco-arenosa em associação a Cambissolos de textura argilosa a argilo-arenosa (Tabela 3). Estes solos apresentam espesso horizonte A muito escuro (5YR 3/1), com até 154,7 g.kg⁻¹ de M.O (Figura 8A - Tabela 4). Neste sentido, os Cambissolos encontrados caracterizam-se como Cambissolos Húmicos (Figura 8B - Ponto 3), enquanto os Neossolos Litólicos apresentam-se numa associação entre Neossolos Litólicos Hísticos (Figura 8A - Ponto 2) e Neossolos Litólicos Húmicos. Assim como no Primeiro Planalto, estes solos são distróficos e bastante ácidos, com pH variando de 4,71 a 5,87, e elevada concentração de alumínio no complexo de troca (Tabela 4), geralmente superior a 70%.

Ainda que os solos mencionados sejam os dominantes, foi descrito, ainda, um perfil de Espodossolo Humilúvico Órtico típico (Figura 8C) no terço médio de uma vertente suave (Ponto 6). O horizonte Bh, de acúmulo de matéria orgânica, tem coloração 10YR 3/4, textura franco-arenosa e estrutura maciça. O horizonte BA apresenta coloração mais clara (7.5YR 4/6) e possui fissuras verticais com preenchimento de matéria orgânica. Enquanto o substrato dos outros perfis descritos nos ISC é um arenito, neste ponto o material parental é uma rocha pelítica, em cujo contato com o solo sobrejacente aflora água.

Além do Espodossolo, foram encontrados também, de forma pontual, Latossolos Vermelho-Amarelos (Figura 8D) de textura argilo-arenosa, no topo de uma vertente muito suave. Esses Latossolos apresentam horizonte A cuja cor (7.5YR 4/3) é muito mais clara que a encontrada no horizonte superficial dos outros solos deste compartimento geomorfológico. No horizonte C, encontra-se uma linha de pedras constituída de petroplintita/laterita, marcando a transição do material alterado para o arenito. A cobertura pedológica se torna progressivamente mais delgada no sentido de jusante desta vertente, dando origem a um Neossolo Litólico (Figura 8E) na cornija que marca a transição para o fundo do vale, onde aflora o arenito Furnas.

Tabela 3. Dados granulométricos dos solos do 2º Planalto.

Ponto	Solo	Horizonte	Areia (%)						Silte (%)	Argila (%)
			AMG	AG	AM	AF	AMF	AT		
2	RLi	Ap	1	3,4	17	39,6	3,2	64,2	25,5	10,3
		H	0,7	5,5	24,9	33,8	8,3	73,2	16,4	10,4
		CR	5,8	14,5	12,4	11,6	35,5	79,8	10,3	9,9
3	CHd	Ap	3,5	14,8	21,1	14,7	3	51,1	13,1	35,8
		A2	2,9	8,9	17	23,4	1,3	50,9	2,7	46,4
		BC	1,1	2,1	3,9	11,6	25,7	44,4	5	50,6
		C	2,5	9,7	24,8	29,6	26,5	40,1	2,1	57,9
10	LVAd	Ap	3	10,1	25,5	24,4	4,7	67,8	1,9	30,3
		Bw	7,2	9,4	19,8	20,5	3,8	61	3,9	35,4
		BC	8	9,4	19,9	20,2	4,6	62,2	2,9	35
		C	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: AMF: Areia muito fina (0,053 – 0,125 mm); AF: Areia fina (0,125 – 0,250 mm); AM: Areia média (0,250 – 0,5 mm); AG: Areia grossa (0,5 – 1 mm); AMG: Areia muito grossa (1 – 2 mm); AT: Areia Total (0,053 – 2 mm).

Tabela 4. Dados químicos dos solos do 2º Planalto.

Parâmetros Físico-Químicos do Solo															
Ponto	Solo	Horizonte	Unidades		g.kg ⁻¹			mg.kg ⁻¹			mmolc.kg ⁻¹			%	
			-	-	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
2	RLi	Ap	5,87	3,91	53,6	5,3	5,63	10,9	8,7	54,1	282,7	25,2	307,9	8	68
		H	5,53	4,27	154,7	<1,2	1,3	<0,5	0,1	30,3	164,7	1,5	166,2	1	95
		CR	5,67	4,52	20	5	0,28	<0,5	0,1	6,8	53,3	0,4	53,7	1	95
3	CHd	Ap	5,12	4,04	68,8	1,6	2,28	6,6	4,9	33,3	167,3	13,8	181,1	8	71
		A2	5,18	4,25	53,1	<1,2	0,54	1,5	0,6	28,2	156,3	2,6	158,9	2	91
		BC	4,86	4,37	18,4	<1,2	0,33	<0,5	<0,1	6,3	40,1	0,4	40,5	1	94
		C	4,8	4,48	13,6	<1,2	0,26	<0,5	0,1	3	32	0,4	32,4	1	89
10	LVAd	Ap	4,71	4,31	16,9	<1,2	0,36	1,2	<0,1	4,9	38,2	1,6	39,8	4	76
		Bw	4,84	4,07	24,8	<1,2	0,82	0,9	<0,1	11,2	49,3	1,7	51	3	87
		BC	5,12	4,8	12,8	<1,2	0,2	<0,5	<0,1	0,4	51,8	0,5	52,3	1	44
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

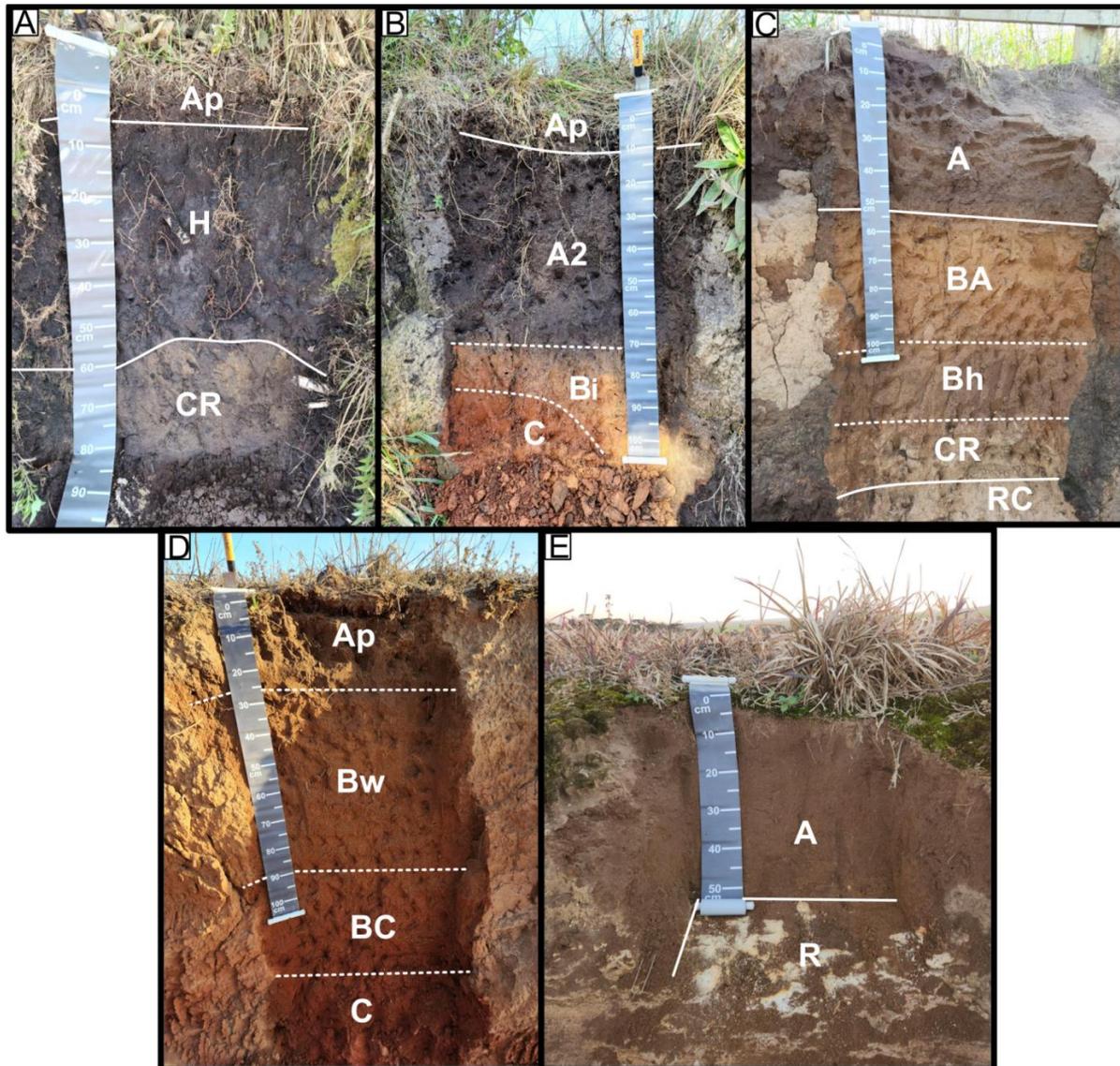


Figura 8. Perfis de solos do Segundo Planalto e seus horizontes. A) Ponto 2, Neossolo Litólico Hístico típico. B) Ponto 3, Cambissolo Húmico Distrófico latossólico. C) Ponto 6, Espodossolo Humilúvico Órtico típico. D) Ponto 10, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico. E) Ponto 11, Neossolo Litólico Distrófico típico. Linhas contínuas indicam transições claras entre horizontes, enquanto linhas pontilhadas indicam transições difusas. Cada divisão da escala equivale a 5 cm.

Durante os trabalhos de campo, verificou-se a existência de possíveis depressões fechadas sobre os interflúvios (Figura 9). Como o desnível altimétrico entre o fundo destas e suas bordas é sutil e a atividade antrópica descaracterizou parte dessas feições, foi elaborado um perfil morfopedológico e geológico (Figura 10), e um mapa geomorfológico de detalhe de parte do reverso da escarpa, exposto na Figura 11, para verificar a morfologia e a distribuição espacial das depressões em função do relevo e dos materiais. O mapa em questão mostra que, de fato, há não apenas um grande número de depressões fechadas nos interflúvios, como também há muitas cabeceiras de drenagem. Além disso, o mapa mostra que o arenito Furnas aflora em diversos pontos, especialmente próximo da escarpa (Figuras 5 e 7), e os vales principais são acompanhados por rupturas bruscas nas vertentes (cornijas). Destaca-se, ainda, o nítido alinhamento NW-SE e NE-SW das drenagens principais, bem como da ruptura principal da escarpa. Por sua vez, o perfil (Figura 10) mostra o nítido controle das formas de relevo sobre os tipos de solos: Neossolos Litólicos e Cambissolos, ambos com elevado teor de matéria orgânica, estão concentrados nos topos dos interflúvios, particularmente em depressões fechadas e junto às cabeceiras de drenagem, sempre sobre a formação Furnas. Em contrapartida, na zona da escarpa, Neossolos Litólicos e Cambissolos alternam-se em função das mudanças na declividade das vertentes.

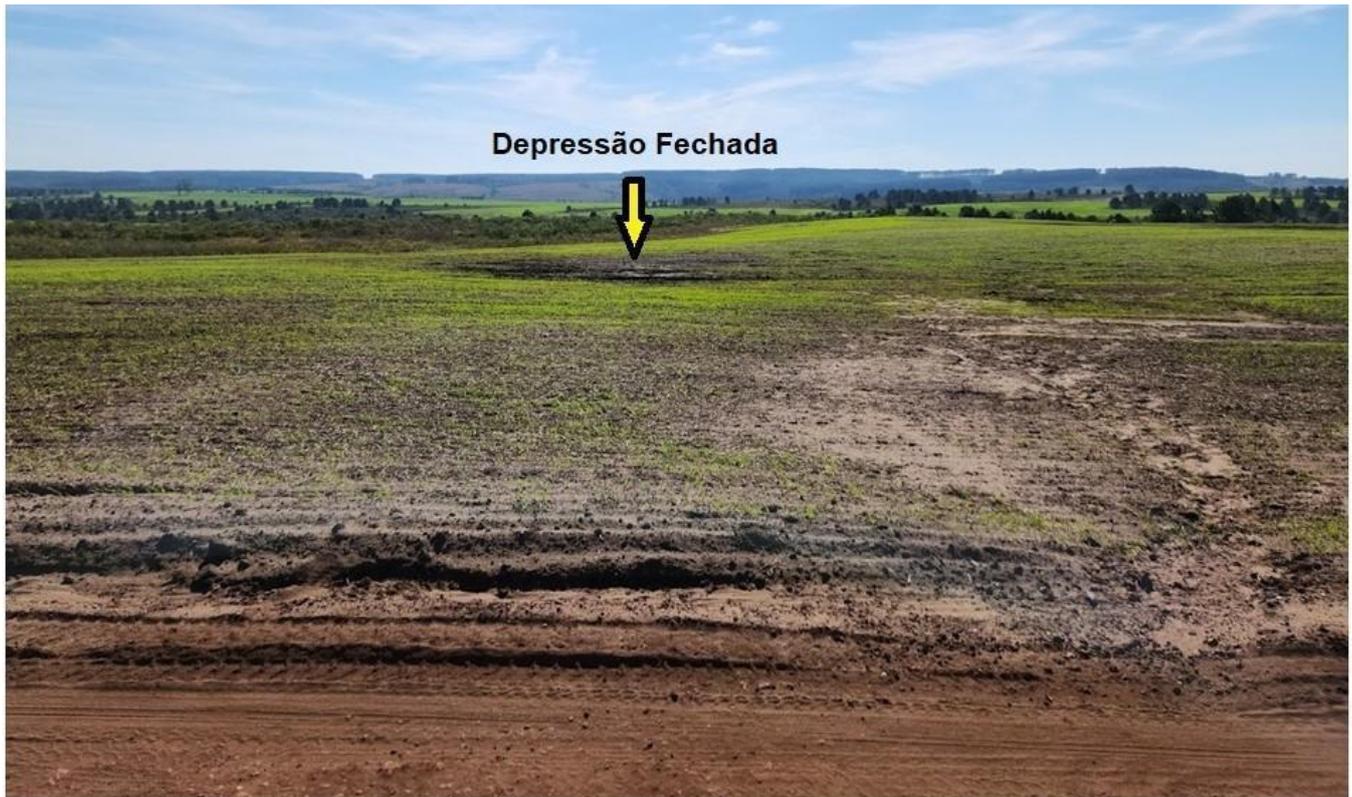


Figura 9. Depressão fechada no topo de interflúvio suave do Segundo Planalto.

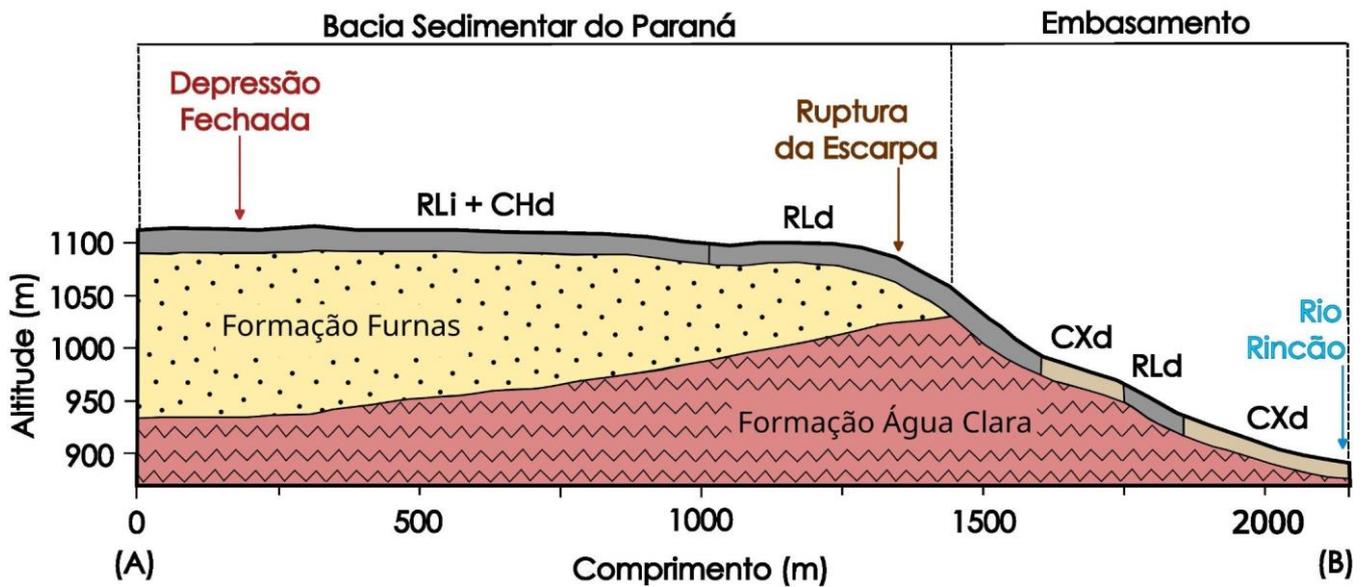


Figura 10. Perfil morfopedológico e geológico A-B mostrando as variações nos tipos de solos em função das mudanças no relevo e no substrato geológico. A localização do perfil está assinalada na Figura 11.

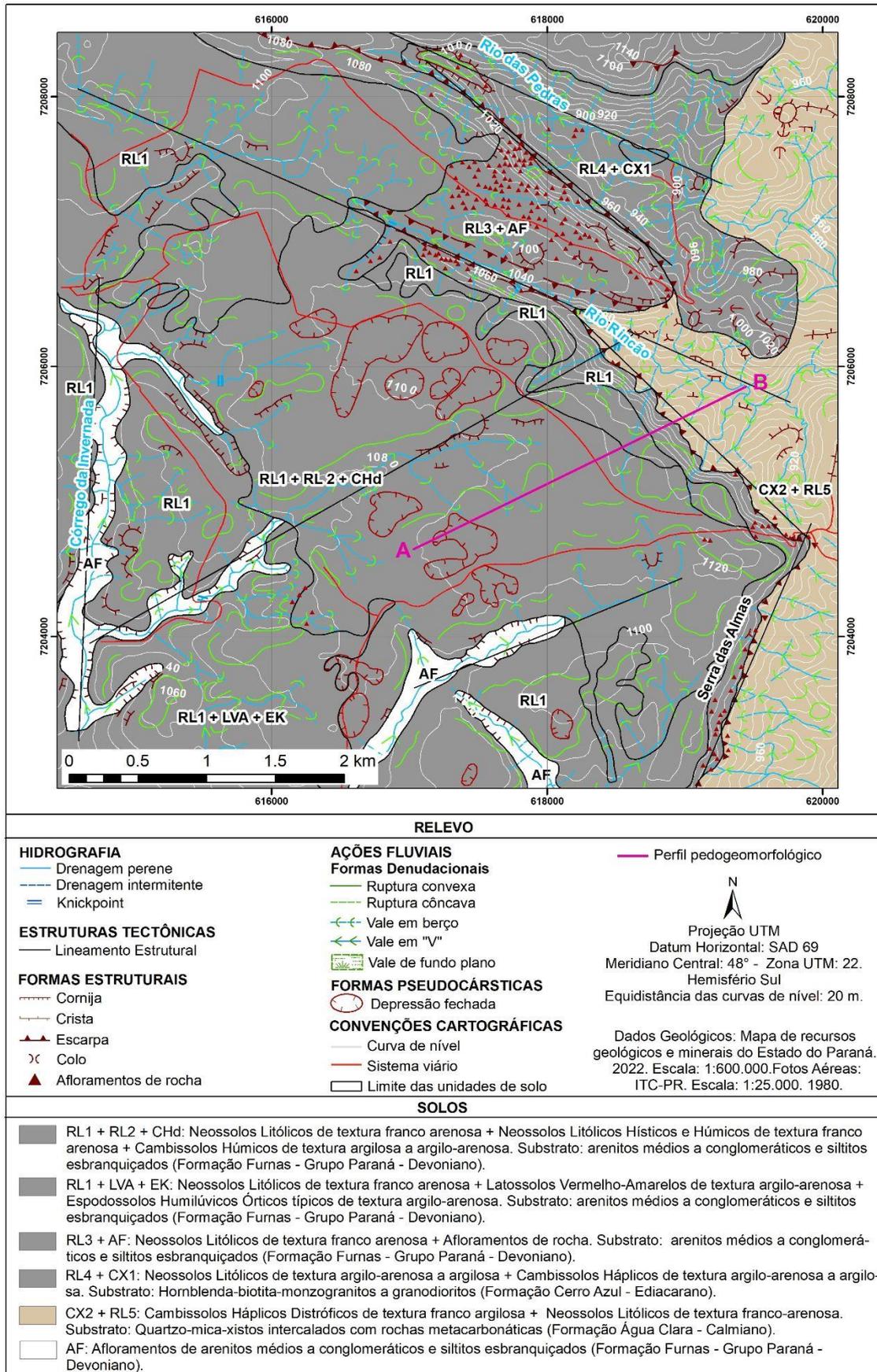


Figura 11. Mapa geomorfológico expondo as relações entre formas de relevo e materiais (solos e rochas) do setor em que ocorrem as depressões fechadas no Segundo Planalto.

4. Discussão

No Primeiro Planalto, o relevo e a litologia subjacente influenciam diretamente nas características dos solos, embora o grau de importância desses fatores mude em função das particularidades de cada área. Os solos, tanto nos morros como nas colinas, são pouco desenvolvidos, geralmente Cambissolos, mesmo nas áreas de topos, onde a declividade e, por conseguinte, a morfogênese, é menor. A diferença mais substancial é que nas áreas de relevo mais suave, independentemente da litologia, os Cambissolos apresentam características latossólicas (homogeneidade textural e estrutura em blocos fraca que se desfaz em microagregados), enquanto que nas áreas mais íngremes as características comumente presentes em Argissolos (gradiente textural abrupto, estrutura em blocos e cerosidade), ainda que incipientes, são mais frequentes.

Embora as variações nas rochas que sustentam esses morros e colinas não sejam suficientes para gerar outros tipos de solos, além dos Cambissolos citados, observam-se mudanças na morfologia destes em função das variações na mineralogia dos granitos. Na fácies Cerro Azul/Arrieros, que consiste em granitóides de textura porfirítica, ocorrem cristais pouco alterados de feldspatos centimétricos (Figura 3 - Ponto 33) até no horizonte A, mesmo nos topos dos morros, onde se esperaria um manto de alteração mais espesso e desenvolvido. Isso é inesperado, já que os feldspatos são mais suscetíveis à alteração que o quartzo, portanto não se esperaria encontrar fenocristais de feldspato até no horizonte superficial. Contudo, a clássica série de Goldich (1938) preconiza que feldspatos potássicos, constituintes dos grãos em questão, alteram-se mais lentamente do que outros tipos de feldspatos, o que pode ser a razão pela qual estes fenocristais têm sido resistentes à alteração. De todo modo, mais estudos são necessários para elucidar essa questão.

Nos VFP, as características geomorfológicas influenciam muito na distribuição dos solos, pois pequenas variações no modelado mudam significativamente a dinâmica da água. Nesses vales amplos, dominam solos mais acinzentados, principalmente Gleissolos, decorrentes da ausência de ferro ou de sua presença na forma reduzida (e.g. GRIGOROWITSCHS e RODRIGUES, 2014), fruto das condições redutoras desses ambientes mal drenados. Mesmo nos meandros abandonados completamente colmatados, os Gleissolos são mais comuns, ao passo que nas barras de acresção e terraços fluviais os Cambissolos Háplicos são predominantes (Figura 12).

Na Frente Escarpada, os solos também são incipientes, tal como no Primeiro Planalto, mas são mais rasos, predominando Neossolos Litólicos (Figura 3 - Ponto 26). Isto vai ao encontro do que geralmente é mencionado em estudos que exploraram interações pedogeomorfológicas (e.g. CASTRO e SALOMÃO, 2000; ROSSI e QUEIROZ NETO, 2001; VILLELA et al., 2015; ROSSI, 2017; PINHEIRO et al., 2020; FIGUEIREDO e SALOMÃO, 2023) que associam altas declividades ao baixo grau de desenvolvimento dos solos, uma vez que, neste caso, o balanço entre a morfogênese e a pedogênese não é favorável para o desenvolvimento da cobertura pedológica, questão esta que é clássica na Pedologia (e.g. JENNY, 1941) e na Geomorfologia (e.g. TRICART, 1977).

A cobertura pedológica do Segundo Planalto difere quase que totalmente das inferências feitas antes dos levantamentos de campo, em que prevíamos a predominância de Neossolos Quartzarênicos e eventuais Latossolos de textura média nessa área, a exemplo do que se verifica no reverso de áreas cuestasiformes da Bacia do Paraná, como na região da Serra de São Pedro/SP (e.g. OLIVEIRA e PRADO, 1989; LADEIRA e SANTOS, 2006; PINHEIRO et al., 2016) e na Chapada dos Guimarães (ROSS, 2014). Os solos dominantes no local são Neossolos Litólicos, com o horizonte A imediatamente acima do arenito consolidado, em contato lítico. Além disso, outra característica desses solos não prevista é a presença de horizontes A ou H espessos e de cor escura (Gley 1 2.5/N – preto esverdeado), capeados ou não por um horizonte Ap. Essas características indicam elevada concentração de matéria orgânica, o que foi confirmado pelos dados analíticos da Tabela 4, onde se verifica 154,7 g.kg⁻¹ de M.O. no horizonte H e 53,6 g.kg⁻¹ no horizonte Ap de um Neossolo Litólico Hístico típico.

O acúmulo de matéria orgânica nessa área se dá especialmente nos topos dos interflúvios (Figura 13) por uma combinação de fatores geomorfológicos, litológicos e climáticos, como exposto: (1) a grande concentração de cabeceiras de drenagem e depressões fechadas na área, em conjunto com a baixíssima declividade local, dificulta o escoamento da água, formando ambientes mal drenados, condições estas que, de acordo com Brady e Weil (2013) e Zenero et al., (2016), diminuem a velocidade da degradação da matéria orgânica por reduzirem a atividade microbiana; (2) o clima mesotérmico da área, cuja temperatura média do mês mais quente é relativamente baixa, cerca de 22 °C, reduz a velocidade de mineralização da matéria orgânica, considerando que a intensidade deste processo se acelera com o aumento da temperatura (HU et al., 2024), cuja faixa ótima de mineralização está entre 25 e 35 °C; (3) a Formação Furnas atua como um condicionante de baixa infiltração de água, fazendo com que esta

se acumule no contato solo-rocha. Um argumento que fortalece esta hipótese é exposto em DE ROS (1998), que aponta que a Formação Furnas apresenta elevado grau de cimentação, diminuindo a sua permeabilidade. Ainda segundo este autor, os topos dos ciclos deposicionais desta formação apresentam-se como pelitos, que têm permeabilidade muito baixa.

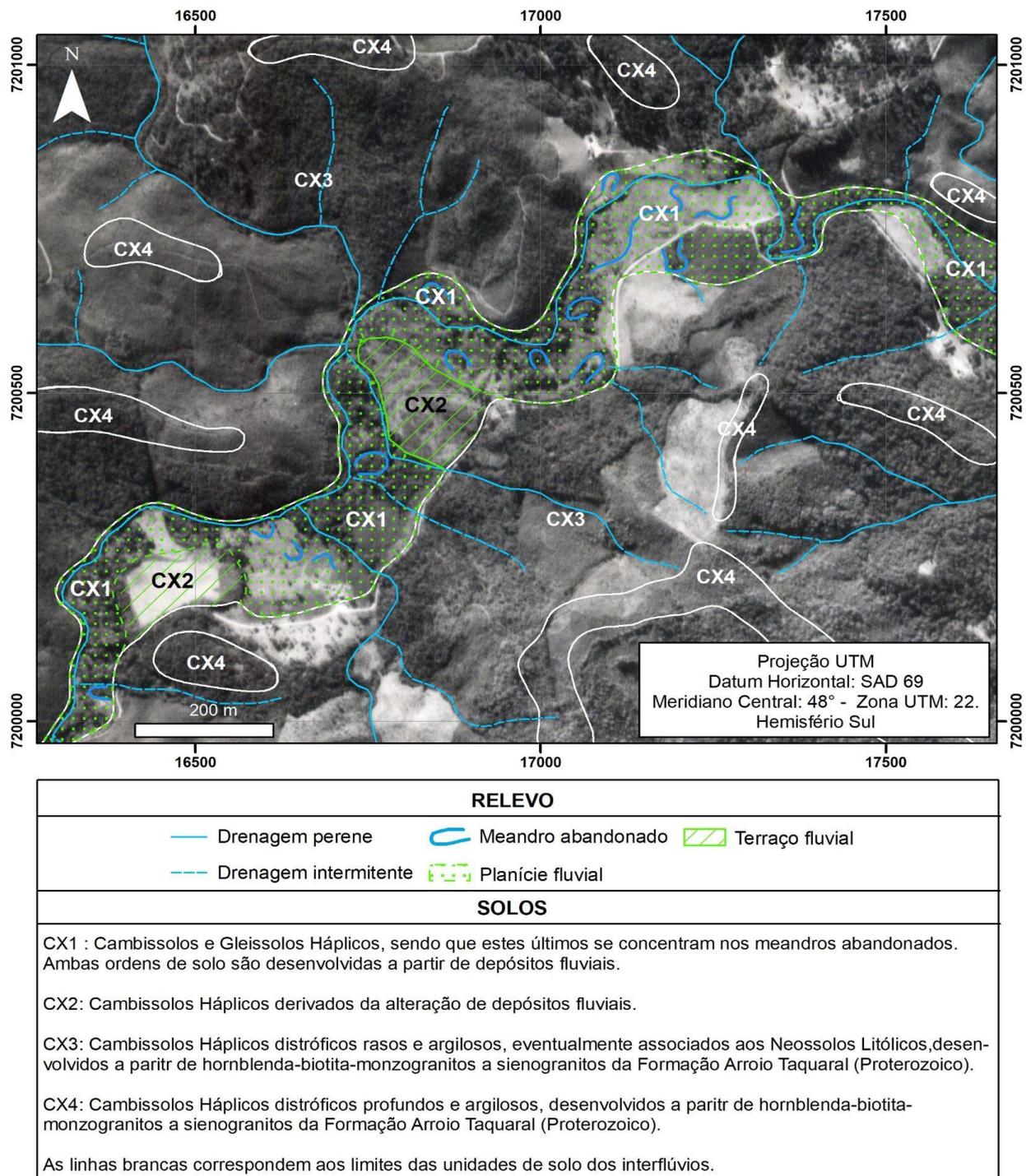


Figura 12. Exemplo das morfologias fluviais de um setor da planície fluvial do Rio Santa Cruz (Primeiro Planalto), exibindo os respectivos solos e seus materiais de origem. Imagem de fundo: fotografia aérea vertical pancromática, escala 1:25.000 (ITC-PR, 1980).

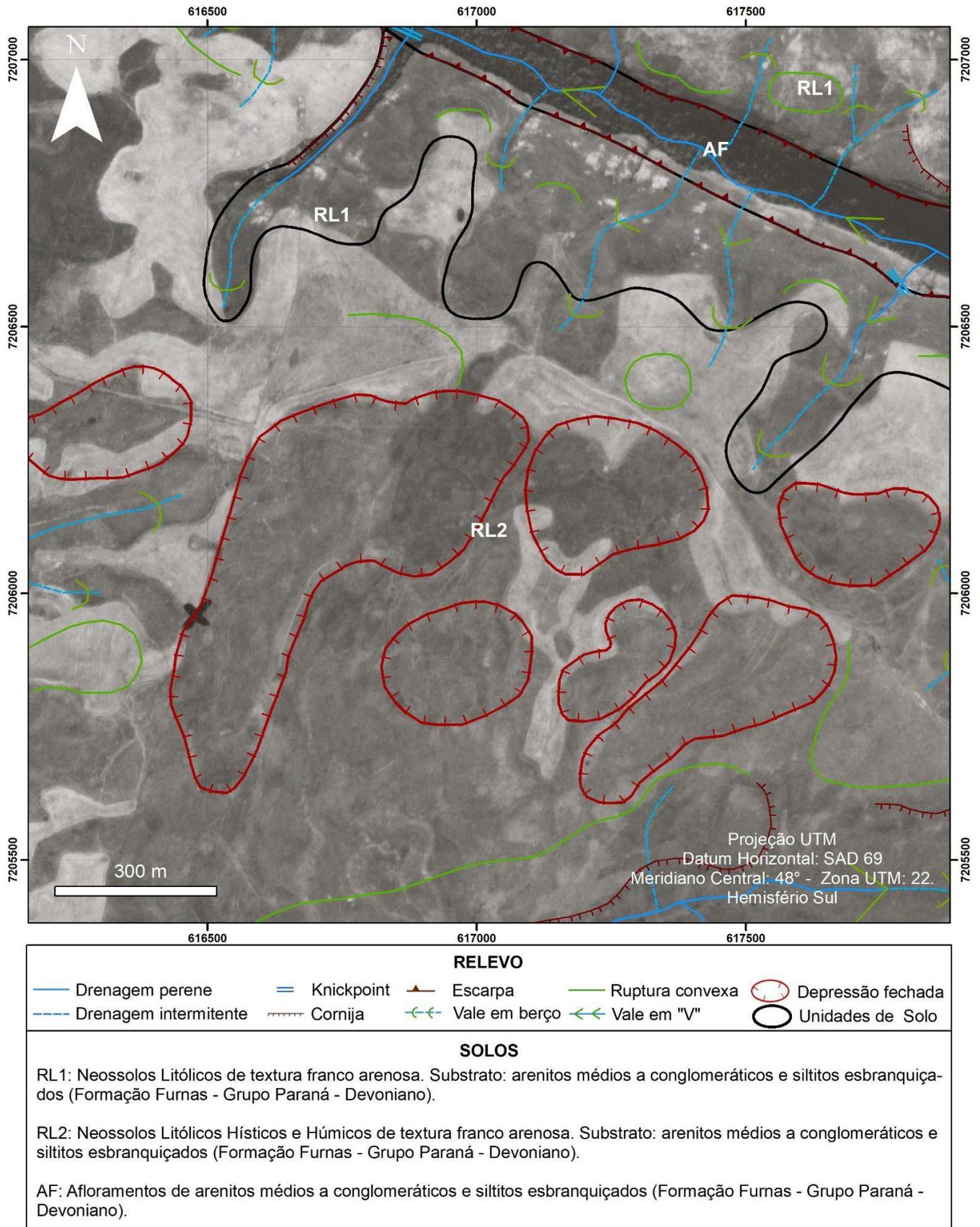


Figura 13. Exemplo de depressões fechadas do Segundo Planalto e sua posição em relação às cabeceiras de drenagem, à cobertura pedológica e ao substrato geológico. Imagem de fundo: fotografia aérea vertical pancromática, escala 1:25.000 (ITC-PR, 1980).

Em contrapartida, verifica-se a ocorrência de Latossolos Vermelho-Amarelos, sem horizontes hísticos, nos topos dos amplos interflúvios (ISC) em que não há depressões fechadas e cabeceiras de drenagem (Figura 3 - Ponto 10). Esse fato fortalece o argumento da estreita relação entre as características geomorfológicas, litológicas e pedológicas, uma vez que, da mesma forma que as depressões fechadas e as cabeceiras de drenagem viabilizaram a deposição e concentração da matéria orgânica, e a formação de horizontes enriquecidos em M.O., é plausível supor que as características pedológicas também influenciaram na gênese e evolução principalmente das depressões, a partir da perda de matéria em solução. Ainda que o pH muito ácido dos solos das depressões, que varia de 5.7 a 4 (Tabela 4), não seja muito favorável à alteração da sílica, cuja faixa de maior instabilidade é em pH ≥ 9 (e.g. WEAST et al., 1986; PALMER e PALMER, 2003), considera-se a possibilidade da lixiviação acelerada do Al^{3+} , Fe^{3+} e $Fe(OH)_3$, bastante instáveis em condições de elevada acidez (FORMOSO, 2006), estar associada à gênese das formas pseudocársticas da área. Ainda que pouco explorada, essa hipótese da gênese das depressões em função dos processos de dissolução já havia sido aventada no estudo clássico de Maack (1946 e 1956), sendo resgatada por Melo et al., (2011) e Pontes et al., (2022), os quais classificam as depressões fechadas como verdadeiros relevos cársticos, com base no conceito de Wray (1997a e b).

Considera-se, ainda, que algumas das cabeceiras de drenagem do Segundo Planalto possivelmente integram antigas depressões fechadas, já capturadas pelo sistema fluvial, hipótese semelhante ao que foi indicado no trabalho de Alves (2014), sobre a gênese das depressões fechadas em áreas sustentadas por arenitos da Formação Caiuá, na região de Maracá (SP). Essa questão é bastante sugestiva ao verificar, em campo e nas figuras 11 e 13, a proximidade entre as cabeceiras de drenagem e as atuais depressões ainda não capturadas do Segundo Planalto.

Finalmente, destaca-se que nos VFP do Segundo Planalto, ao contrário do que se supunha, não foram encontrados solos hidromórficos formados em depósitos flúvio-colúviais ou morfologias típicas de planícies fluviais. O que se observou é que não há deposição nesses vales, embora eles sejam amplos e tenham baixo gradiente. São leitos rochosos sendo dissecados pela drenagem atual, apresentando níveis encachoeirados e lajedos, não permitindo a formação de solos. Apenas nos sopés das vertentes adjacentes a esses fundos de vale são encontrados Neossolos Litólicos, geralmente formados de um horizonte A espesso e escuro em contato lítico com o arenito Furnas.

5. Conclusões

Tal como exposto ao longo deste trabalho, o controle da litologia subjacente sobre os solos é evidente, de forma que condições particulares ou locais também controlam o desenvolvimento da cobertura pedológica, influenciando em variações nos solos difíceis de serem previstas apenas com base em estudos prévios do relevo e do material parental. Este controle litológico é proeminente no Primeiro Planalto, no qual solos siltosos e com cores de tons mais rosados são desenvolvidos sobre xistos, enquanto solos arenosos, vermelho-amarelos e com cascalhos angulosos de quartzo e feldspatos, são desenvolvidos sobre litologias graníticas. Assim, a cor e a granulometria dos solos revelam ser potentes indicadores do material parental.

Na Frente Escarpada, o controle geomorfológico sobre a cobertura pedológica, expresso através da declividade, se destaca e parece ser o fator de formação mais importante, à medida que a intensa morfogênese só possibilita o desenvolvimento de solos delgados e incipientes, como Neossolos Litólicos, independentemente do material de origem.

A litologia do Segundo Planalto confere aos solos um elevado teor de areia, conforme esperado. Contudo, apesar do relevo suave, são solos predominantemente incipientes, rasos e com condições de drenagem deficiente, viabilizada pela grande concentração de cabeceiras de drenagem e inúmeras depressões fechadas, adicionando complexidade à configuração geomorfológica da área, tal como à cobertura pedológica, cujo acúmulo de matéria orgânica é viabilizado pelo ambiente mal drenado induzido pela baixa permeabilidade do arenito Furnas. Nesse contexto, da mesma forma que o acúmulo de água nas depressões influencia na formação desses solos organominerais, a presença destes cria condições favoráveis à dissolução e lixiviação acelerada de Al^{3+} , Fe^{3+} e $Fe(OH)_3$, processo este que acentua o desenvolvimento das depressões fechadas, o que demonstra como é inviável a dissociação entre a evolução do relevo e do solo.

Contribuições dos Autores: Concepção, G.S., A.P.N. e M.R.P.; metodologia, G.S., M.R.P.; software, G.S., A.P.N. e M.R.P.; validação, G.S., M.R.P.; análise formal, G.S., M.R.P.; pesquisa, G.S.; recursos, G.S., M.R.P.; preparação de dados, G.S.; escrita do artigo, G.S., M.R.P.; revisão, G.S., M.R.P.; supervisão, M.R.P.; aquisição de financiamento, M.R.P.; Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo.

Agradecimentos: Os autores são gratos a Jéssica Rafaela da Costa, pela ajuda no enquadramento dos solos no sistema da WRB na versão em inglês do artigo, e aos revisores anônimos de nosso manuscrito, cujas críticas e sugestões foram fundamentais para o aprimoramento desta pesquisa.

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

Referências

1. ALVES, G.B. **Estudo da cobertura pedológica e sua relação com a formação e evolução de depressões no sudoeste de Macarái (SP)**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-26052015-095108/>. Acesso em: 13 dez. 2024.
2. BESSER, M. L., BRUMATTI, M., SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Paraná**: CPRM. 2021.
3. BOGNOLA, I.A., FASOLO, P.J., CARVALHO, A. P. DE, POTTER, R.O., BHERING, S.B., Levantamento de reconhecimento de solos da Região Centro-Leste do Estado do Paraná, Rio de Janeiro: **Boletim de Pesquisa Embrapa Solos**. 2003.
4. BRADY, N.C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2013. 716 p.
5. CASTRO, S. S., SALOMÃO, F. D. T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas: **Revista GEOUSP**, São Paulo, v. 7, p. 27-37. 2000.
6. CRUZ, G. C. F. D. **Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais**. Editora UEPG, 23, 23-31. 2007
7. DE ROS, L. F. Heterogeneous generation and evolution of diagenetic quartzarenites in the Silurian-Devonian Furnas Formation of the Paraná Basin, southern Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 116, p. 99-128. 1998.
8. DOKUCHAEV, V.V. **Short description and critical analysis of the more important soil classifications**: Trav. Soc. Nat. St. Petersburg, v. 10, p. 64-67. 1879.
9. EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná**: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. 1984.
10. FALLOU, F.A. **Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde: Schönfeld's Buchlandlung**, Dresden, 487 p. 1862.
11. FIGUEIREDO, D. M., SALOMÃO, F. X. T. Morfopedologia: abordagem metodológica para estudos ambientais: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 24(00). 2023.
12. FORMOSO, M. L. Some topics on geochemistry of weathering: a review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78, 809-820. 2006.
13. FURIAN, S., BARBIÉRO, L.; BOULET, R. Organisation of the soil mantle in tropical southeastern Brazil (Serra do Mar) in relation to landslides processes: **Catena**, v. 38, n. 1, p. 65-83. 1999.
14. FURQUIM, S. A. C., SANTOS, M. A., VIDOCA, T. T., BALBINO, M. A., CARDOSO, E. L. Salt-affected soils evolution and fluvial dynamics in the Pantanal wetland, Brazil. **Geoderma**, 286, 139-152. 2017.
15. GOLDICH, S. S. A Study in Rock-Weathering". **The Journal of Geology**. 46 (1): 17-58. 1938.
16. GRIGOROWITSCHS, H., RODRIGUES, C. Graus de Hidromorfia de Solos Situados em Planície Fluvial e em Setores de Interface Vertente-Planície na Bacia Hidrográfica do Rio Cotia/SP. **Revista Geonorte**, 5(21), 93-99. 2014.
17. HASUI, Y., CARNEIRO, C. D. R., COIMBRA, A. M. The Ribeira folded belt: **Revista Brasileira de Geociências**., v. 5, n. 4, p. 257-266. 1975.
18. HU, A., JANG, K. S., TANENTZAP, A. J., ZHAO, W., LENNON, J. T., LIU, J., ... & WANG, J. Thermal responses of dissolved organic matter under global change. **Nature Communications**, 15(1), 576 (2024). DOI:10.1038/s41467-024-44813-2
19. ITC-PR. **Levantamento aerofotogramétrico do Estado do Paraná**. Escala 1:25.000. 1980.
20. IUSS Working Group WRB. **World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. 2022.
21. JENNY, H. **Factors of soil formation, a system of quantitative pedology**: McGraw-Hill, New York, 281 p. 1941.
22. LADEIRA, F. S. B., SANTOS, M. Tectonics and Cenozoic paleosols in Itaqueri's Hill (São Paulo-Brazil): implications for the long-term geomorphological evolution. **Zeitschrift für Geomorphologie**, Supplementbaende, v. 145: 37-62. 2006.
23. MAACK, R. Geologia e geografia da região de Vila Velha e considerações sobre a glaciação carbonífera do Brasil. **Arquivos do Museu Paranaense**, v.5, 1946, 305p.

24. MAACK, R. Fenômenos carstiformes de natureza climática e estrutural de arenitos do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 11, p. 151-162, 1956.
25. MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. CODEPAR, Curitiba, 350p. 1968.
26. MELO, M.S.; GUIMARÃES, G.B.; PONTES, H.S.; MASSUQUETO, L.L.; FIGURIM, I.; BAGATIM, H.Q.; GIANNINI, P.C.F. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. SBE – Campinas, SP, **Espeleo-Tema**, v. 22, n. 1, p. 81-97, 2011.
27. MILANI, E.J. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. (Eds.), *Geologia do Continente Sul-americano*, Beca, Brasil, pp. 265-280. 2004.
28. MORAES, S. L., GALVANI, E. Balanço hídrico climatológico no município de Ponta Grossa, PR: aportes para o planejamento agrícola e hidrológico: **Revista Geonorte**, 3(9), 987-999. 2012.
29. OLIVEIRA, J.B; PRADO, H. **Carta pedológica semi-detalhada do Estado de São Paulo: folha Piracicaba**. São Paulo, IA – Instituto Agrônomo / IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico, escala 1:100 000.1989.
30. PALMER, A. N., PALMER, M. V. Geochemistry of capillary seepage in Mammoth Cave. **Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers**, 1(4), 1-8. 2003.
31. PARANÁ. Plano de manejo da área de proteção ambiental da Escarpa Devoniana. 2004
32. PEULVAST, J.P., VANNEY, J.R. **Géomorphologie Structurale: Relief et structure**. Paris/Orléans: Gordon and Breach et BRGM, 1, 505. 2001.
33. PONTES, H. S., FERNANDES, L. A., DE MELO, M. S., GUIMARÃES, G. B., MASSUQUETO, L. L. Características litofaciológicas e aspectos genéticos de feições cársticas da Formação Furnas e Arenito Vila Velha no município de Ponta Grossa (Paraná, Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 23(1), 1207. 2022.
34. PRAZERES FILHO, H. J., HARARA, O. M., BASEI, M. A. S., PASSARELLI, C. R., SIGA JR, O. Litoquímica, geocronologia U-Pb e geologia isotópica (Sr-Nd-Pb) das rochas graníticas dos batólitos Cunhaporanga e Três Córregos na porção sul do Cinturão Ribeira, Estado do Paraná. **Geologia USP. Série Científica**, 3, 51-70. 2003.
35. PINHEIRO, M.R. **Técnicas Cartográficas e Aerofotogramétricas para o Estudo da Erosão: Alta bacia do ribeirão Araquá - São Pedro e Charqueada/SP** [Dissertação de Mestrado]: Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 2009.
36. PINHEIRO, M. R., COSTA, J. R., SCIGLIANO, B. F., FERREIRA, R. P. D., CIANFARRA, P., MANFREDINI, S. Interações solo, relevo e material de origem na região do Alto Estrutural do Pau D'Alho–Sudeste do Brasil. **Revista do Instituto Geológico**, 41, 49-67. 2020.
37. PINHEIRO, M. R., QUEIROZ NETO, J. P. D. Geomorphology of the São Pedro Ridge and lower Piracicaba river region, southeastern Brazil. **Journal of Maps**, 12 (sup1), 377-386. 2016.
38. QUEIROZ NETO, J. P. Geomorfologia e pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 1, 59-67. 2000.
39. QUEIROZ NETO, J.P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, 15: 77-90. 2002. DOI: 10.7154/RDG.2002.0015.0008
40. QUEIROZ NETO, J. P. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p.15-24, 2011.
41. QUEIROZ NETO, J. P., JOURNAUX, A. **Carta geomorfológica de São Pedro, SP**. [Escala 1:50.000]. Laboratório de Sedimentologia e Pedologia do Departamento de Geografia-FFLCH-USP-Brasil and Centre de Géomorphologie du CNRS-Caen-France. São Paulo: Terrafoto e Instituto de Geografia da USP. 1978.
42. ROSS, J. L. S. Chapada dos Guimarães: borda da bacia do Paraná. **Revista do Departamento de Geografia**, 28, 180-197. 2014.
43. ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. Escala 1:750.000. 2017.
44. ROSSI, M., Queiroz Neto, J. P. Relação solo/paisagem em regiões tropicais úmidas: o exemplo da Serra do Mar em São Paulo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, 14, 11-23. 2001.
45. SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A., LUMBRERAS, J.F., COELHO, M.R., ALMEIDA, J.A., ARAÚJO, J.C., OLIVEIRA, J.B., CUNHA, T.J.F., **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa, Brasília, 5ª edição revisada e ampliada., 353 p. 2018.
46. SANTOS, L. G., PINHEIRO, M. R., MANFREDINI, S. Relação solo-vegetação em campos de altitude na Mata Atlântica: o caso do Núcleo Curucutu do Parque Estadual da Serra do Mar–sudeste do Brasil. **Boletim Paulista de Geografia**, 1(112), 101-125, 2024.
47. SANTOS, L. J. C., OKA-FIORI, C., CANALI, N. E., FIORI, A. P., SILVEIRA, C. T., SILVA, J. M. F., ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 7(2), 3-12, 2006.
48. SANTOS, R. D., SANTOS, H. G., KER, J.C., ANJOS, L. H. C., SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. SBCS, Viçosa, 7ª.ed. rev. e ampl., 102 p. 2015.
49. TRICART, J. **Ecodinâmica**. Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. 1977.

50. TRICART, J., KILLIAN, J. **La Eco-Geografía y la Ordenación del médio natural**: Barcelona. Editora Anagrama, 288 p. 1979.
51. VILLELA, F.N.J., ROSS, J.L.S., MANFREDINI, S. Relief-rock-soil relationship in the transition of Atlantic Plateau to Peripheral Depression, São Paulo, Brazil: **Journal of Maps**, v. 9, p. 343-352. 2013.
52. VILLELA, F. N. J., ROSS, J. L. S., MANFREDINI, S. Análise geomorfopedológica na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 16(4). 2015.
53. ZENERO, M. D. O.; SILVA, L. F. S. D.; CASTILHO, S. C. D. P.; VIDAL, A.; GRIMALDI, M.; COOPER, M. Characterization and classification of soils under forest and pasture in an agroextractivist project in Eastern Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-17, 2016. DOI: 10.1590/18069657rbcs20160165
54. WEAST R.C., ASTLE W.J. AND BEYER W.H. (Eds.). **CRC handbook of Chemistry and Physics**. Boca Raton, FL, CRC Press. 1986.
55. WEBER, W., SIGA JÚNIOR, O., BASEI, M. A. S., SATO, K. A formação Água Clara na região de Araçáiba-SP, registro de uma bacia mesoproterozóica: **Geologia USP, Série Científica**, 346. 2002.
56. WRAY, R. A. A global review of solutional weathering forms on quartz sandstones. **Earth-Science Reviews**, 42(3), 137-160. 1997a.
57. WRAY, R. A. Quartzite dissolution: karst or pseudokarst. **Cave and karst Science**, 24(2), 81-86. 1997b.



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.