

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ



**Programa de Pós-Graduação em Meio
Ambiente e Recursos Hídricos**

**DISTRIBUIÇÃO DE SOLOS EM CATENAS E
MAPEAMENTO PEDOLÓGICO DE SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA PILOTO NA REGIÃO DE
ITAJUBÁ-MG**

OLIVIA DE LIMA

Outubro de 2012

Itajubá-MG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ



**Programa de Pós-Graduação em Meio
Ambiente e Recursos Hídricos**

OLIVIA DE LIMA

**DISTRIBUIÇÃO DE SOLOS EM CATENAS E
MAPEAMENTO PEDOLÓGICO DE SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA PILOTO NA REGIÃO DE
ITAJUBÁ-MG**

Dissertação submetida ao Programa da Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Eliane Guimarães Pereira Melloni

Outubro de 2012

Itajubá-MG

OLIVIA DE LIMA

DISTRIBUIÇÃO DE SOLOS EM CATENAS E MAPEAMENTO
PEDOLÓGICO DE SUB-BACIA HIDROGRÁFICA PILOTO NA REGIÃO
DE ITAJUBÁ-MG

Prof. Dr. Nilton Curi (UFLA)

Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva (UFLA)

Prof^a. Dra. Maria Inês Nogueira Alvarenga (UNIFEI)

Prof^a. Dra. Eliane Guimarães Pereira Melloni (UNIFEI)
(Orientadora)

Outubro de 2012

Itajubá-MG

*“Solo, Mãe de todas as coisas, deixa-me ser
teu filho...”*

Hino dos Colla, povo do Titicaca

Ofereço,

À Deus: Diga, pois, aquele a cujas mãos
venha o que no mundo se chama uma boa fortuna:
Meu Deus, tu me destinasse um novo encargo;
dá-me a força de desempenhá-lo segundo a tua
santa vontade.

Dedico,

À minha querida mãezinha,
que por meio das dificuldades pôde
me mostrar o verdadeiro valor da vida,
um eterno aprendizado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que participaram da minha vida nesta etapa, onde muitos, além de participar e ajudar na confecção desta monografia, auxiliaram em meu desenvolvimento como ser humano.

À *Prof.^a Dr.^a Eliane Melloni*, pela orientação, oportunidade de aprendizado, além de tudo pela amizade, incentivo e compreensão presente em todos os momentos, oferecendo-me suporte para que tornasse possível a conclusão deste imenso sonho. Muito Obrigada!

Ao *Prof. Dr. Nilton Curi* pelo privilégio que tive de conhecer tão nobre pessoa, fornecendo decisivas contribuições técnicas, mas principalmente pela forma acolhedora e bondosa com nos recebeu, uma pessoa iluminada por Deus. Muito Obrigada!

Aos professores *Marx Leandro Naves Silva* e *Maria Inês Alvarenga*, por integrarem a banca examinadora e pelas contribuições. Muito Obrigada!

Aos meus amigos geógrafos *Vanessa Cristina Santos*, *Reines Osis* e *Thomaz Alvisi de Oliveira*, que dispuseram de seus conhecimentos técnicos, auxiliaram a entender e conhecer a geologia e geomorfologia da microbacia. Muito obrigada!

À técnica e amiga *Tânia Aparecida de Souza Barbosa*, pela ajuda nos trabalhos de laboratório, mas principalmente pela torcida positiva e confiança depositada. Muito obrigada!

Ao colega *Oswaldo Rodrigues* pela incansável ajuda nos eternos trabalhos de campo, que mesmo nos momentos de maior dificuldade, sempre de bom humor e grande disposição.

Aos técnicos de laboratório *José Cláudio Braga de Souza*, *André Barouch* e *Josivaldo Rodrigues* pela auxílio nos trabalhos de laboratório e campo, e pela disposição em sempre ajudar.

À minha querida amiga *Bárbara Karoline Flauzino*, que muito me ajudou em diversos momentos e pelo estreitamento de nossa amizade. Obrigada pela agradável companhia nesta longa jornada amiga, eternamente lembrarei-me dos dias que passamos juntas.

À *FAPEMIG* e *REUNI* pela concessão da bolsa de iniciação científica, tornando viável a realização deste estudo.

Aos *moradores da microbacia* do ribeirão José Pereira, por permitirem acesso às propriedades e nos receber com tanto carinho.

Aos *amigos de minha vida*, que depositaram em minha muita confiança, carinho, respeito e amizade, Obrigada *Joaquina Cristina*, *Thiago Ribeiro*, *Julio Matos*, *Paloma Soares*, *Renata Cristina da Silva*, *Heloisa Missae*, *Juliana Onoe*, *Érica Gushiken*, *Ana Carolina Santoro*, *Priscilla Reis*, *Antonio Carlos*, *Mauro Arantes*, *Adonias Carlos de Oliveira*, e muitos outros!

À minha afilhadinha *Isabela Lima*, que nem existia no início desse trabalho e agora já se tornou a coisa mais importante e iluminada em nossas vidas, dando um novo sentido a tudo isso. Obrigada meu anjo!

À *Silvia Grabner*, minha querida mãezinha, eterna companheira nesta vida, depositou em mim toda admiração e confiança possível, onde reaprendemos a conviver juntas em uma nova situação, mas com o mesmo eterno amor. Muito Obrigada!

Aos meus irmãos *Genaro* e *Francisco Lima*, obrigada pelo amor, carinho, compreensão, apoio, dedicação, muito incentivo, ânimo, força, conselhos e acima de tudo pela união.

À *Deus*, obrigado pela oportunidade da vida, pela realização deste trabalho e pela família maravilhosa que tenho. A tua benção Senhor!



RESUMO

LIMA, O. **Distribuição de Solos em Catenas e Mapeamento Pedológico de sub-bacia hidrográfica piloto na região de Itajubá-MG**. 2012. Dissertação de Mestrado (Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Itajubá.

O presente trabalho teve por objetivo caracterizar e classificar perfis de solos dispostos em catenas, assim como mapeá-los na sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira. A sub-bacia localiza-se no município de Itajubá/MG, com uma área aproximada de 40 km², ocupando cerca de 14% do município, e abriga um dos mais importantes remanescentes florestais de Mata Atlântica da região, a Reserva Biológica Serra dos Toledos, além de extensas áreas de pastagens, algumas culturas agrícolas e núcleo urbano. Como a sub-bacia possui diferenças significativas em seu relevo, esta foi dividida em três compartimentos topomorfológicos: superior, médio e baixo, diferenciados em função de contatos entre granitóides e zonas de cisalhamento, além da configuração das curvas de nível. Oito catenas distribuídas nos três compartimentos topomorfológicos foram estudadas. Os perfis de solos foram selecionados do topo ao sopé das catenas, com um total de 31. Metade das catenas apresenta uma distribuição de solos que contempla solos jovens no topo, como Cambissolos; Argissolos no terço superior; diferentes classes no terço inferior, variando com a condição de relevo de cada catena; e Gleissolos nas baixadas. Na outra metade das catenas predomina a classe dos Argissolos em toda a distribuição. Algumas classes de solos identificadas em campo não foram contempladas diretamente na legenda do mapa de solos, mas foram consideradas como inclusão nas unidades de mapeamento. De acordo com o mapa de solos gerado, os Cambissolos Háplicos ocupam 26% da sub-bacia, estando sob relevo montanhoso; os Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo, 6% da área, predominando no relevo plano-ondulado; os Gleissolos Háplicos 7%, estando nas baixadas, em relevo plano e nos sopés das encostas; e as classes dos Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelos foram as predominantes, distribuídas por quase 50% da sub-bacia, ocupando o relevo ondulado e forte ondulado. Em 40% dos Argissolos foi encontrado, abaixo do horizonte Bt, um horizonte Bw, indicando que os antigos Latossolos que dominavam a paisagem foram recobertos por materiais mais novos, das partes mais elevadas enquadrando-se tais solos como Argissolos latossólicos.

Palavras-chave: classe de solo, mapa pedológico, relevo



ABSTRACT

This study aimed to characterize and classify soil profiles in catenas, and map them in the José Pereira River's watershed. The watershed is located in the municipality of Itajubá/MG, with an approximate area of 40km², occupying about 14% of the city, and houses one of the most important forest remnants of Atlantic Forest in the region, the Biological Reserve Serra dos Toledos, beyond extensive grazing areas, some agricultural crops and urban core. As the watershed has significant differences in their relief, this was divided into three topomorphological compartments: upper, medium and low, differentiated according to contacts between granites and shear zones, in addition to the setting of contours. Eight catenas distributed in three compartments topomorphological were studied. The soil profiles were selected from the top to the foot of catenas, with a total of 31. Half of catenas presents a distribution of soils that includes young soils on top, as Cambissolos; Argissolos in the top third; different classes in the lower third, varying with the condition of relief of each catena; Gleissolos and lowlands. In other half of catenas predominant class of Argissolos throughout distribution. The soil classes not included in the soil map legend were considered as inclusion in mapping units. According to the Soil Map generated, Cambissolo Háplicos occupy 26% of the watershed, being under mountainous (relevo), the Latossolos Red and Red-Yellow, 6% of the area, predominantly in wavy relief plan, the Gleissolos Háplicos 7%, in lowlands, at flat slopes and in the foothills, and the classes of Argissolos Red and Red-Yellow were predominant, scattered through almost 50% of the watershed, occupying the wavy and the strong wavy relief. In 40% of the Argissolos were found, below the Bt horizon, a horizon Bw, indicating that the former Latossolos that dominated the landscape were recovered by newer materials, from the higher parts fitting those soils as Argissolos latossólicos.

Keywords: soil class, pedological map, relief



LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Localização geográfica da sub-bacia do ribeirão José Pereira.....	26
Figura 4.2. Médias mensais de temperatura (a) e de precipitação (b) registradas na Plataforma de Coleta de Dados de Itajubá nos anos de 1999 a 2010.	28
Figura 4.3. Delimitação da face sudeste da Reserva Biológica Serra dos Toledos (a) e sua vegetação (b).	29
Figura 4.4. Formações Geológicas na sub-bacia do ribeirão José Pereira.	30
Figura 4.5. Unidades geomorfológicas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.....	32
Figura 4.6. Classes de altitude da sub-bacia do ribeirão José Pereira.	34
Figura 4.7. Classes de declividade da sub-bacia do ribeirão José Pereira.....	35
Figura 4.8. Solos da sub-bacia do ribeirão José Pereira, segundo a FEAM (2010).	36
Figura 4.9. Solos da sub-bacia do ribeirão José Pereira, segundo o BRASIL (1983).....	37
Figura 4.10. Visitas de campo para reconhecimento das características das catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.	38
Figura 4.11. Abertura de trincheira (a) e limpeza de cortes de estrada (b) na sub-bacia do ribeirão José Pereira.	39
Figura 4.12. Cercamento das trincheiras nas catenas da sub-bacia José Pereira.....	39
Figura 4.13. Caracterização dos perfis em campo nas catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.	40
Figura 4.14. Cor e estrutura em campo (a), raízes e cerosidade (b) nas catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.....	40
Figura 4.15. Coleta e limpeza de amostra indeformada nas catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.	41
Figura 4.16. Coleta de amostra deformada nas catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.....	41
Figura 4.17. Esquema da metodologia de coleta de solo na sub-bacia do ribeirão José Pereira.....	42
Figura 4.18. Sequência laboratorial para quantificação das frações texturais e determinação do índice de floculação.	43
Figura 4.19. Vista geral do laboratório de Solos da UNIFEI: análises de textura e densidade de partículas.	43



Figura 4.20. Cor pela carta de Munsell (a) e densidade de partícula pelo Método do Balão Volumétrico (b).....	43
Figura 4.21. Representação de todas as amostras de solo para análises laboratoriais.....	44
Figura 5.1. Classes de altitude com as zonas topomorfológicas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.	47
Figura 5.2. Mapa hipsométrico com as catenas selecionadas na sub-bacia do ribeirão José Pereira....	51
Figura 5.3. Mapa de declividade com as catenas selecionadas na sub-bacia do ribeirão José Pereira.	51
Figura 5.4. Perfil de Cambissolo Háptico.	53
Figura 5.5. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.....	54
Figura 5.6. Perfil de Latossolo Amarelo.	55
Figura 5.7. Perfil de Gleissolo Háptico.....	56
Figura 5.8. Distribuição dos perfis de solo na Catena 1.....	57
Figura 5.9. Perfil de Neossolo Regolítico.	59
Figura 5.10. Perfil de Argissolo Vermelho.	60
Figura 5.11. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.....	61
Figura 5.12. Perfil de Gleissolo Melânico.	62
Figura 5.13. Distribuição dos perfis de solo na Catena 2.....	63
Figura 5.14. Perfil de Cambissolo Háptico.	66
Figura 5.15. Perfil de Argissolo Vermelho.	67
Figura 5.16. Perfil de Cambissolo Háptico.	68
Figura 5.17. Perfil de Gleissolo Háptico.....	69
Figura 5.18. Distribuição dos perfis de solo na Catena 3.....	70
Figura 5.19. Perfil de Argissolo Vermelho.	73
Figura 5.20. Perfil de Argissolo Vermelho.	74
Figura 5.21. Perfil de Argissolo Vermelho.	75
Figura 5.22. Perfil de Gleissolo Háptico.....	76
Figura 5.23. Distribuição dos perfis de solo na Catena 4.....	77
Figura 5.24. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.....	80
Figura 5.25. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.....	81



Figura 5.26. Perfil de Latossolo Vermelho.	82
Figura 5.27. Perfil de Gleissolo Háptico.	83
Figura 5.28. Distribuição dos perfis de solo na Catena 5.....	84
Figura 5.29. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.	87
Figura 5.30. Perfil de Argissolo Vermelho.	88
Figura 5.31. Perfil de Argissolo Vermelho.	89
Figura 5.32. Perfil de Argissolo Vermelho.	90
Figura 5.33. Distribuição dos perfis de solo na Catena 6.....	91
Figura 5.34. Perfil de Cambissolo Háptico.	94
Figura 5.35. Perfil de Argissolo Vermelho.	95
Figura 5.36. Perfil de Latossolo Vermelho.	96
Figura 5.37. Perfil de Gleissolo Melânico.	97
Figura 5.38. Distribuição dos perfis de solo na Catena 7.....	98
Figura 5.39. Perfil de Latossolo Bruno.	101
Figura 5.40. Perfil de Argissolo Amarelo.	102
Figura 5.41. Perfil de Argissolo Vermelho.	103
Figura 5.42. Distribuição dos perfis de solo na Catena 8.....	104
Figura 5.43. Mapa de Solos da sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira (1:25.000).....	115
Figura 5.44. Mapa de Solos com as catenas e as zonas topomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira (1:25.000)	116
Figura 5.45. Distribuição idealizada dos principais solos na paisagem da sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira.	117



LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Combinações dos atributos da paisagem para a confecção do mapa de solos.....	45
Tabela 5.1. Características gerais das catenas 1 a 4 da sub-bacia José Pereira, Itajubá/MG.	49
Tabela 5.2. Características gerais das catenas 5 a 8 da sub-bacia José Pereira, Itajubá/MG.	50
Tabela 5.3. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 1, na sub-bacia José Pereira....	52
Tabela 5.4. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 1, na sub-bacia José Pereira.....	53
Tabela 5.5. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 2, na sub-bacia José Pereira....	58
Tabela 5.6. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 2, na sub-bacia José Pereira.....	59
Tabela 5.7. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 3, na sub-bacia José Pereira....	64
Tabela 5.8. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 3, na sub-bacia José Pereira.....	65
Tabela 5.9. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 4, na sub-bacia José Pereira....	71
Tabela 5.10. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 4, na sub-bacia José Pereira.....	72
Tabela 5.11. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 5, na sub-bacia José Pereira..	78
Tabela 5.12. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 5, na sub-bacia José Pereira.....	79
Tabela 5.13. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 6, na sub-bacia José Pereira..	85
Tabela 5.14. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 6, na sub-bacia José Pereira.....	86
Tabela 5.15. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 7, na sub-bacia José Pereira..	92
Tabela 5.16. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 7, na sub-bacia José Pereira.....	93
Tabela 5.17. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 8, na sub-bacia José Pereira..	99
Tabela 5.18. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 8, na sub-bacia José Pereira.....	100



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. O Início da Pedologia.....	4
3.2. Histórico da Ciência do Solo no Brasil.....	5
3.3. Fatores de Formação.....	8
3.4. Pedogeomorfologia.....	14
3.5. Importância de Levantamentos Pedológicos.....	21
3.6. Classes de Solos.....	22
4. MATERIAL E MÉTODO.....	26
4.1. Caracterização da Área de Estudo.....	26
4.1.1. Clima.....	27
4.1.2. Fases de Vegetação Primitiva.....	28
4.1.3. Cartas Temáticas.....	29
4.1.4. Geomorfologia.....	32
4.1.5. Altimetria e Declividade.....	34
4.1.6. Classes de Solos.....	35
4.2. Seleção das Catenas.....	37
4.3. Coleta de Amostras e Caracterização dos Perfis de Solos.....	38
4.4. Métodos de Laboratório.....	42
4.5. Classificação e Mapeamento de Solos.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1. Modelo de Compartimentação Topomorfológica.....	45
5.2. Meio Físico das Catenas.....	47
5.3. Perfis de Solos.....	52
5.4. Caracterização Química das Classes de Solos.....	104
5.5. Distribuição das Classes de Solos nas Catenas.....	110
5.6. Mapeamento e Caracterização das Classes de Solo.....	111
5.7. Modelo Proposto de Evolução dos Solos na Sub-bacia.....	117
6. CONCLUSÃO.....	118
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119



1. INTRODUÇÃO

A sub-bacia do ribeirão José Pereira está inserida na bacia do rio Sapucaí, localizada integralmente no município de Itajubá/MG, tendo grande relevância para este, uma vez que ocupa cerca de 14% de sua área, constitui-se em importante manancial hídrico, e é caracterizada por serras com vegetação típica de Mata Atlântica, abrigando a Reserva Biológica Serra dos Toledos, o mais importante remanescente florestal protegido da região.

A porção oeste da sub-bacia é constituída por parte da zona urbana de Itajubá, e a porção leste pela zona rural, constituída por pequenas e localizadas atividades agrícolas, mas em maior parte por pastagens. Estas atividades são desenvolvidas com pouca ou nenhuma técnica de manejo e desconhecimento quanto à sua capacidade de uso, gerando como consequência, principalmente nos terrenos de maior declive, intensa degradação dos solos, apresentando problemas graves de erosão.

A erosão dos solos é a mais abrangente degradação da terra que ocorre no mundo, constituindo-se num grave problema socioeconômico. A perda de solo superficial resulta em perda de nutrientes, matéria orgânica, redução da camada arável e modificação das propriedades físicas e biológicas, tornando os solos menos aptos à retenção de água, ao desenvolvimento das plantas, com atividades biológicas reduzidas. Essas degradações promovem assoreamento nos corpos d'água e soterramento das várzeas na sub-bacia, gerando consequências negativas tanto à população rural, como àqueles que estão à sua jusante na zona urbana, como à própria Universidade Federal de Itajubá, resultando em enchentes, que ocorrem geralmente todos os anos, causando severos danos sociais e econômicos.

Como a sub-bacia está em processo de expansão urbana, enfatiza-se a necessidade de estudos sistêmicos que possibilitem um diagnóstico ambiental integrado do meio físico, servindo como instrumento fundamental para um planejamento ambiental adequado da sub-bacia, tanto relacionado aos processos que possam prevenir impactos ambientais negativos, tanto para se evitar a degradação dos ambientes a serem explorados, quanto para minimizar as degradações já ocorridas.

A falta de planejamento de atividades produtivas, o desconhecimento das limitações e potencialidades dos componentes ambientais, bem como o uso de práticas agropecuárias inadequadas e intensivas, aceleram os processos geradores de desequilíbrio ambiental. A carência de informações básicas sobre o comportamento dos solos no seu ambiente de ocorrência, acarreta utilização de um manejo inadequado dos mesmos, com grandes prejuízos aos agropecuaristas e à sociedade em geral.

Portanto, estudos que contemplem mapeamentos pedológicos em maior escala (maior detalhamento), são de grande relevância, dado que há escassez dessas informações no país, cuja base cartográfica é, em geral, de pequena escala e imprecisa. Mapeamentos pedológicos mais detalhados são essenciais, tanto para embasar estudos sedimentológicos, como para adoção de técnicas de manejo agropecuárias adequadas às condições locais e que possibilitem o uso sustentável da terra, e ainda os dados gerados



servirão como fonte importante de subsídios para criação e aplicação de instrumentos de planejamento e gestão dos recursos ambientais.

Dentro da sub-bacia hidrográfica, considerada como uma unidade lógica e espacial de planejamento de manejo e gestão ambiental, onde é possível estabelecer interdependência das relações de seus elementos e processos, foi realizada a classificação, a caracterização física e química dos perfis de solos distribuídos ao longo das catenas e o mapeamento dos solos.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Caracterizar e classificar os perfis de solos dispostos em catenas na sub-bacia do ribeirão José Pereira. Adicionalmente gerar um mapa pedológico para a área de estudo, tendo como base principalmente a geomorfologia.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar as características naturais da sub-bacia do ribeirão José Pereira, como geologia, geomorfologia, altimetria, declividade, topomorfologia, solo, vegetação e clima;
- ✓ Definir os perfis de solos em catenas, e caracterizá-los morfologicamente;
- ✓ Determinar os atributos físicos e químicos de perfis de solos em laboratório;
- ✓ Classificar os perfis de solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos;
- ✓ Relacionar a geomorfologia da sub-bacia com a distribuição de classes de solos, criando um modelo pedogeomorfológico para a área de estudo.



3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O Início da Pedologia

O interesse pela natureza e propriedades dos solos sempre fizeram parte da civilização humana, pelo reconhecimento de sua ação de suporte às plantas e, portanto, pelo fornecimento de alimentos às populações. Segundo Simonson (1968) *apud* Espindola (2007), os primeiros registros sobre os prenúncios de uma distinção de diferentes categorias de solos, ou seja, sua classificação, datam de 4 a 5 mil anos, na China.

A pedologia moderna surge por volta de 1873, onde uma intensa e prolongada seca ocorrida no sul da Rússia, provocou sérios prejuízos à produção agrícola regional, com quebra substancial na exportação de cereais. Conforme Espindola (2007), para reverter esta condição negativa, a Sociedade Econômica Livre Imperial de São Petersburgo instituiu uma comissão integrada por especialistas de diversas áreas afins, como o físico e matemático Vassili Vassilievitch Dokuchaev. Foram quatro anos de investigações em campo, percorrendo cerca de 10.000 km ao longo da Criméia, Cáucaso do Norte, bordas do Mar Negro, Ucrânia e Bessarábia, percebeu-se que, à semelhança dos seres vivos, os solos também mostravam uma evolução dependente da zona de suas ocorrências. Daí surgiu um verdadeiro paradigma, conhecido como “lei da zonalidade”, ensejando que em função do clima desenvolver-se-ia determinado tipo de solo.

Conforme Queiroz Neto (2003), Dokuchaev definiu os solos como: “Corpos naturais independentes e cada indivíduo apresenta uma morfologia particular resultante de uma combinação específica do clima e da matéria viva, da rocha, do relevo e da duração de seu desenvolvimento. A morfologia de cada solo, tal como ele se manifesta no perfil, reflete os efeitos combinados de uma série particular de fatores genéticos, determinando seu desenvolvimento.”

Dessa forma, Dokuchaev já afirmava ser o solo um corpo natural originário de uma rocha-mãe, estabelecida numa determinada posição do relevo, sofrendo a ação do clima e dos organismos ao longo de um tempo. Estas teorias, mesmo que desenvolvidas de forma empírica, causaram uma verdadeira revolução na ciência do solo, auxiliando no reconhecimento das classes de solos e utilizadas até a atualidade.



3.2. Histórico da Ciência do Solo no Brasil

A história da pedologia no Brasil inicia-se muito antes de sua criação como ciência propriamente dita. Segundo Schaefer *et al.* (1997), há evidências que sugerem que os índios, assim como muitos povos pré-colombianos, possuíam um bom conhecimento dos solos onde cultivavam suas roças, alguns com, até mesmo, sistemas de classificação das terras, com ênfase na cor como atributo diagnóstico, já que é de fácil identificação e sugere importantes características do solo, prevalecendo ainda hoje. Porém, com a colonização luso-espanhola, muito destas informações foram irremediavelmente perdidas.

Os Europeus puderam perceber a riqueza dos solos brasileiros desde seu primeiro contato. No relatório sobre terras brasileiras enviado ao rei D. Manuel I de Portugal, em 1500, Pero Vaz de Caminha já mencionava as características saudáveis dos solos do Brasil e seu potencial ilimitado para a produção.

Quando o Brasil entrou no Ciclo do Açúcar, nos séculos XVII e XVIII, os solos brasileiros deixam de ser utilizados apenas para extração, passando a ser fator de produção, propiciando então um avanço na sua classificação. Conforme Schaefer *et al.* (1997), os solos tiveram suas classes diferenciadas de acordo com finalidades utilitárias com critérios de produtividade, onde adotou-se designativos morfológicos e químicos básicos, provenientes do conhecimento empírico, sendo este um modelo exemplar da pré-pedologia brasileira.

Por muito tempo os solos foram estudados, na maior parte das vezes, apenas como assunto secundário, ou seja, para embasar outros de formação básica e de maior interesse econômico, como a geologia e a litologia.

Em meados do século XIX, surgiram problemas na produção de cana-de-açúcar e café, que eram produtos essenciais para a economia brasileira, principalmente devido ao fim do trabalho escravo, degradação dos solos e falta de fertilidade. Para lidar com esses problemas, a ciência agrícola e a química tornaram-se intimamente associadas, resultando no desenvolvimento da química agrícola, e o início das pesquisas sobre a fertilidade do solo e nutrição de plantas (DOMINGUES, 1995). Portanto rompia-se a crença de que os solos brasileiros eram inesgotáveis, aconselhando a aplicação de fertilizantes e o cuidado da terra.

Com o fim da escravidão o problema da mão-de-obra foi resolvido com o uso do colono nacional e estrangeiro, e a terra passou a ser o bem de produção que demandava maior investimento, recebendo reconhecimento econômico, e muitas vezes foi produto de conflitos e disputas, principalmente pela expansão de culturas de exportação, como a do café e a cana-de-açúcar.

A necessidade crescente de entender o ambiente para melhor manipulá-lo, conforme Camargo *et al.* (2010), levou à criação do Instituto Agrícola Imperial da Bahia em 1859, que foi o primeiro a graduar agrônomos no Brasil; o Instituto Imperial do Rio de Janeiro em 1860, abrangendo o Jardim Botânico e



uma Fazenda Experimental; a Estação Agronômica de Campinas em 1887, que se tornou o atual Instituto Agronômico de Campinas; e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz em Piracicaba em 1900. No ano de 1928 foi criado o primeiro Departamento de Solo em Viçosa, na Escola Superior de Agricultura e Medicina Veterinária, atual Universidade Federal de Viçosa. Essas instituições tinham o objetivo de promover melhoramentos na agricultura por meio do ensino, da pesquisa e experimentação.

A Seção de Solos do Instituto Agronômico de Campinas foi fundada em 1935, onde um de seus objetivos era identificar as diferentes unidades de solos. Em 1941 a primeira pesquisa de solo brasileira publicou as características de 22 classes de solos do Estado de São Paulo, mantendo nomes de uso corrente dos agricultores, como Massapê, Salmourão, Terra Roxa (SCHAEFER *et al.*, 1997).

Com a criação da Comissão de Solos do Ministério da Agricultura, em 1947, tiveram início os levantamentos sistemáticos dos solos no território nacional, levando à criação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), atualmente sediada no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Na área de pesquisa, um grande evento foi a criação do Instituto de Química em 1918 no Rio de Janeiro, que em 1934 se tornou o Instituto de Química Agrícola, com foco em certificação de fertilizantes e análise do solo. Em 1962 foi extinto este Instituto e formadas as três unidades da EMBRAPA, atualmente no Rio de Janeiro: EMBRAPA Agrobiologia, EMBRAPA Agroindústria de Alimentos e a EMBRAPA Solos (EMBRAPA, 2012).

O Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), em 1975, foi instituído como parte integrante da organização da EMBRAPA. Dentre as atribuições reservadas ao SNLCS estava a execução de levantamentos de solos, a disponibilização de seus resultados para todo país, a produção de metodologias para estudos de levantamentos e conservação de solos, a participação no planejamento do uso da terra e na formulação de projetos de desenvolvimento para fins agropecuários e de conservação (EMBRAPA, 1994).

Os trabalhos pioneiros de levantamento de solo no Brasil buscaram, principalmente, soluções para os fatores limitantes ao melhor aproveitamento da terra, intensificando práticas de manejo, conservação e fertilidade do solo.

A Comissão de Solos deu início à elaboração da Carta de Solos do Brasil, onde as unidades de solo passavam a ser estabelecidas pelo estudo da seqüência de horizontes com base em características químicas e físicas do perfil de solo. Com a ajuda da FAO no treinamento de equipes brasileiras, foi possível configurar a Carta de Solos do Brasil, e também ajudou a desenvolver o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA SOLOS, 2012).

O Departamento Nacional da Produção Mineral, em 1971, preocupado com os recursos naturais da Amazônia, desenvolveu um projeto de sensoriamento remoto dessa região utilizando radares,



designado RADAM. Sua designação inicial era RADAM - Radar da Amazônia, porém, à partir de 1976, o projeto se estendeu para todo o território nacional, passando a denominar Projeto RADAMBRASIL, o qual gerou mapas exploratórios de solos na escala 1:1.000.000 (IBGE, 2007).

O Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, em 1993, foi transformado no Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA Solos, uma unidade de pesquisa de âmbito nacional, comprometido com o uso da terra, preservação da biodiversidade e recursos hídricos. Diversos métodos foram estabelecidos por este centro, dentre eles métodos para análise química, física, mineralógica e micromorfológica dos solos; as normas, critérios e procedimentos para levantamentos dos recursos naturais; o sistema de classificação de solos; as técnicas de manejo e conservação de solos.

Dessa forma, instituições como a EMBRAPA Solos e o Projeto RADAMBRASIL executaram os levantamentos generalizados que recobrem todo o Território Nacional. Porém, quando maior grau de detalhamento é exigido, como em projetos de manejo agrícola, conservação do solo, irrigação e drenagem, estudos ambientais, planejamento e gestão ambiental, a iniciativa privada tem grande relevância para o país. Algumas regiões e estados também executaram levantamentos mais detalhados, como o Estado de São Paulo, que realizou o levantamento em nível semidetalhado, por meio do Instituto Agrônomo de Campinas.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) é uma prioridade nacional compartilhada com diversas instituições de ensino e pesquisa no Brasil. A partir da década de 70 estabeleceram-se as primeiras organizações, conhecidas como aproximações sucessivas, num total de quatro, de responsabilidade da comunidade de Ciência do Solo e coordenado pela EMBRAPA Solos. Buscou-se definir um sistema hierárquico, multicategórico e aberto, que permita a inclusão de novas classes, e que torne possível a classificação de todos os solos existentes no Território Nacional (IBGE, 2007).

Conforme Carmargo *et al.* (2010), atualmente a SBCS é a sociedade científica mais importante no campo das ciências agrícolas no Brasil, responsável por reunir profissionais e instituições, a fim de promover e desenvolver a Ciência do Solo no Brasil. Dentre seus principais objetivos, a SBCS adapta e uniformiza a nomenclatura, os métodos de análise de solo e controle de qualidade; e contribui para a organização do SiBCS e levantamentos de solos. Além disso, a SBCS publicou a Revista Brasileira de Ciência do Solo a partir de 1977, que é indexada internacionalmente, recebendo o fator de impacto desde 2004, e sendo a mais importante publicação de Ciência do Solo no país.

Além do desenvolvimento científico em si, o estudo do solo ganha proporções relevantes tanto pelas questões de proteção do meio ambiente, assim como estabilidade econômica num país com proporções para agronegócios como o Brasil. Frente a crise ambiental mundial, houve a necessidade de repensar a utilização correta dos recursos naturais como uma das prioridades mundiais, assim como o uso



consciente do recurso solo, priorizando o desenvolvimento sustentável. Portanto, é cada vez mais crescente a necessidade de levantamentos de solos em diversas escalas por todo o território nacional.

3.3. Fatores de Formação

O solo é uma complexa mistura de matéria mineral, matéria orgânica e organismos vivos, sendo um produto do ambiente que está em contínua mudança e evolução. O solo desenvolve-se ao longo do tempo, as vezes muito lentamente, como nas áreas secas do deserto, ou mais rapidamente, como nas regiões tropicais úmidas. Segundo Guerra e Cunha (1995), o solo é formado por um conjunto de corpos naturais tridimensionais, resultante da ação integrada do clima e organismos sobre o material de origem, condicionados pelo relevo, em diferentes períodos de tempo, o qual apresenta características que constituem a expressão dos processos e dos mecanismos dominantes na sua formação.

Como resultado de um conjunto de reações, físicas e químicas, a que esteve submetido determinado material de origem, houve a formação de uma diversidade de classe de solos sob a superfície da Terra, que apresentam diferenças com relação à cor, espessura, textura, constituição química, física e mineralógica. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009), os solos consistem de seções aproximadamente paralelas, denominadas horizontes ou camadas, que se distinguem do material de origem inicial, como resultado de adições, perdas e transformações de energia e matéria. A partir dos dados físicos, químicos, mineralógicos e, principalmente, morfológicos de cada horizonte do perfil, os solos são agrupados em classes pré-estabelecidas.

Buol et al (1973) apud Oliviera (2008), definem um processo de formação do solo como um complexo ou uma sequência de eventos, incluindo tanto complicadas reações como simples rearranjo de material que afetam intimamente o solo sobre o qual estão atuando. Os processos que podem ocorrer são de adição, perda, transformação, transporte no interior do perfil e rearranjo mecânico, ocorrendo estes simultaneamente, mas com intensidade diferente, dependendo da condição ambiental específica a que cada solo esteja submetido.

Segundo Jenny (1941), o solo é resultante da ação conjunta de cinco fatores de formação: clima, organismos, material de origem, relevo e tempo. Esses fatores agem em conjunto e acarretam variações constantes nas propriedades do solo, num processo dinâmico e subsequencial. Portanto, para um melhor entendimento das propriedades do solo, é indispensável o entendimento dos fatores de formação que atuaram e atuam sobre cada perfil.



✓ **Clima**

É um fator preponderante na formação do solo, onde atuam elementos meteorológicos como temperatura, precipitação e umidade, influenciando diretamente no intemperismo das rochas, produzindo o material formador dos solos.

Em locais de clima tropical, como o Brasil, as altas temperaturas e altos índices pluviométricos, favorecem as reações de intemperismo, principalmente o químico, responsável pela transformação dos minerais primários, resultando em solos bem desenvolvidos. No entanto, segundo Macias e Chersworth (1992) apud Figueiredo *et al.* (2004), mesmo em condições de intenso intemperismo químico, muitos solos de regiões úmidas tropicais ainda externam uma correlação mineralógica e morfológica direta com as características da rocha mãe.

Solos que se desenvolvam sobre o mesmo material de origem, podem, dependendo principalmente da atuação do fator clima, apresentar diferentes graus de evolução e portanto classes distintas. Em um estudo realizado por Clemente *et al.* (2009) na Ilha de Trindade, avaliando a distribuição de solos ao longo de uma topossequência, pode notar que o fator clima diferencia os tipos de solos dependendo da orientação da face de exposição do relevo. A face sul, mais fria e úmida, formou Organossolos e outros solos orgânicos, já na face norte predominam condições semiáridas e tropicais secas, resultando em solos mais rasos, como Neossolos Litólicos e Regolíticos, associados com afloramentos de rochas. Em outro estudo, realizado por Souza *et al.* (2010) nos brejos de altitude do Sertão Pernambucano, onde avaliaram perfis em uma topoclimossequência, observaram que o perfil de sopé, localizado em local mais úmido, apresentou menor teor de argila e acentuado gradiente textural, ou seja, maior grau de desenvolvimento em relação aos demais. Portanto, além do fator de formação material de origem e relevo, o clima atuou como um importante condicionante responsável pela diferenciação dos solos ao longo da topoclimossequência.

✓ **Organismos**

Este fator envolve a fauna, flora e os microrganismos, e estes atuam na pedogênese por meio da biociclagem, adição de matéria orgânica, proteção e agregação do solo, e bioturbação. Os vegetais absorvem água e nutrientes, depositam na superfície do solo restos vegetais e no interior deste exsudados, o que possibilita, pela ação conjunta com outros organismos, a ciclagem deste material orgânico depositado, que pode ser incorporado ao solo. Ainda, a cobertura vegetal ajuda a minimizar o escoamento superficial, a erosão e a evaporação superficial, contribuindo para o desenvolvimento do solo, além de atuar na desagregação das rochas.



A maior parte da fase viva do solo, em número, responsáveis por decompõem resíduos animais e vegetais, é representada pelos microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos e algas), ciclam nutrientes, realizam a fixação biológica de nitrogênio e a solubilização de fosfatos, liberam substâncias complexantes que auxiliam na agregação do solo. A fauna do solo, representada pelos cupins, minhocas, térmitas, formigas, entre outros, são também importantes nas atividades bioquímicas que transformam materiais orgânicos e minerais em solo propriamente dito, além de aumentar a drenagem e a aeração do solo. A atividade de minhocas, conforme Resende et al (2007), pode ser bastante expressiva, onde suas canaletas podem ser preenchidas por materiais mais ricos em matéria orgânica e nutrientes, vindos do horizonte A, e é justamente estas galeriais que se constituem em locais de maior desenvolvimento do sistema radicular.

Apoiando a importância do fator organismos na formação dos solos, Clemente *et al.* (2009) na Ilha de Trindade, identificaram que a presença e o estágio de desenvolvimento da vegetação foram fatores de fundamental importância na pedogênese e conservação dos solos, sobretudo em relação à manutenção da sua estabilidade diante dos processos erosivos. Além disso, neste mesmo estudo, outro grupo de organismos de importância foi a mesofauna do solo, onde sua baixa presença prejudicou a atividade saprofítica, impossibilitando a formação de horizonte microgranular espesso e uniforme. Assim, mesmo que sob alto grau de intemperismo, não foi encontrado Latossolo na ilha, e por outro lado, o acúmulo de material fibroso condicionou a formação de Organossolos. Por outro lado, Ferreira *et al.* (2010), concluíram que a evolução da paisagem e a gênese dos Latossolos das chapadas do Alto Vale do Jequitinhonha estão relacionadas com a evolução da rede de drenagem e com a ação da fauna escavadora, já que com a melhoria na drenagem dos perfis, as atividades da fauna, como formigas e cupins, intensificaram sua ação, formando estrutura granular e microgranular.

O homem também pode influenciar na formação do solo alterando o microclima com a irrigação, o material do solo com práticas de correções e fertilizações, o relevo com as práticas mecânicas de conservação do solo. Uma das atividades humanas de expressão no sul e sudeste do país, com potencial de alterar a estabilidade dos fatores naturais, é a pastagem. Conte *et al.* (2011) e Bertol *et al.* (1998), estudaram pastagem natural sob um Argissolo na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, submetido a diferentes níveis de forragem. Verificaram alterações nos atributos físicos e na agregação da camada superficial do solo, e concluíram que em baixa oferta de forragem o sistema está perdendo qualidade e comprometendo a sustentabilidade. Salton *et al.* (2008), compararam áreas pastejadas e campo nativo sob Argissolo na mesma Estação acima estudada, obtiveram aumentos na densidade, microporosidade, resistência à penetração mecânica, diâmetro médio ponderado de agregados e redução da macroporosidade na camada superficial da primeira em relação a segunda.

Além disso, a ação da vegetação em conjunto com o clima é quem define grandemente a adição de matéria orgânica no solo. Assim, segundo Oliveira (2008), a quantidade e a forma de adição de



matéria orgânica têm influência nos tipos de horizontes superficiais que se formam, e assim na classe deste solo. Regiões tropicais úmidas adicionam considerável quantidade de material orgânico na superfície do solo, porém a intensa decomposição resulta, predominantemente em horizonte A moderado, porém, sob clima mais ameno pode resultar em horizonte A proeminente.

Além disso, o clima é o principal agente determinante na distribuição da vegetação primária, dessa forma muitos já tem utilizado desse tipo de vegetação como critério de fase inicial da unidade de mapeamento em levantamentos pedológico. No Distrito Federal, as fitofisionomias apresentam-se relacionadas aos diferentes ambientes pedomorfogeológicos, que resultam da relação de interdependência entre os fatores que condicionam a distribuição dos solos (BARBOSA e LACERDA, 2009). Em outro estudo feito por Skorupa *et al.* (2012), avaliando solos sob vegetação nativa durante o Inventário Florestal de Minas Gerais, por meio de análises de fertilidade do solo, textura e estatística espacial, concluíram que a análise de solos sob fragmentos de vegetação nativa (fitofisionomias) oferece potencial para uso como referência do padrão de fertilidade natural dos solos.

✓ Material de Origem

Quanto ao material de origem, ele é o corpo físico onde, a partir das propriedades físicas e minerais, iniciam-se os efeitos dos outros fatores de formação. Em geral, quanto mais intemperizado é o solo, menos as características do material de origem são preservadas. Assim, solos imaturos ainda guardam muitas características e propriedades químicas, físicas, mineralógicas e, às vezes, até morfológicas do material de origem. Martins *et al.* (2007), estudando pedoambientes mais recentes de campo de altitude, notaram haver maior influencia do material de origem do que da pedogênese, sendo encontrado nestes ambientes os Neossolos Litólicos e Regolíticos associados aos afloramentos rochosos. À medida que o solo envelhece, os processos pedogenéticos avançam e estas características iniciais vão se modificando, mesmo assim, algumas características e propriedades, principalmente aquelas ligadas aos minerais mais resistentes, ainda podem ser preservadas.

Para formação dos atributos do solo, segundo Oliveira (2008), como a sua textura e composição química e mineralógica, é importante a constituição mineralógica das rochas, a organização estrutural de seus silicatos e os processos de intemperismos físico e químico aos quais a rocha está sujeita, alterando-a até chegar a solo. No intemperismo químico, predominante nas zonas tropicais, atua na decomposição das rochas, principalmente, a hidrólise, a oxidação, a complexão, a cristalização, troca de íons na estrutura cristalina, a hidratação e a desidratação.

Quando o solo é formado a partir do substrato rochoso a ele subjacente, esta rocha constitui-se em seu material de origem, porém, quando o solo formado é removido e depositado em outro local, neste caso o solo se desenvolve sobre diferentes materiais de origem, havendo uma discordância litológica



(OLIVEIRA, 2008). Assim, o material abaixo do solo pode ou não constituir em seu material de origem. Rolim Neto *et al.* (2009) estudando topossequências no Alto Paranaíba (MG), notaram que o material de origem dos Cambissolos se restringe a rocha sobreposta, enquanto nos Latossolos o material é de origem alóctone, já que este último apresentou-se extremamente intemperizado e sem filiação definida com os materiais de origem subjacente, indicando intensa pedoturbação. Já em outro estudo feito por Barbosa e Lacerda (2009), em topossequências nas Chapadas Elevadas do Distrito Federal, permitiram observar estreita relação dos materiais de origem com os solos formados, indicando que houve pequena contribuição coluvionar, sem variações significativas nas composições dos materiais de origem.

Solos desenvolvidos a partir de mesmo material de origem, mas sujeitos a diferentes fatores de formação, podem resultar em diferentes classes. Portanto o material de origem é útil para inferir sobre as propriedades do solo formado a partir deste, mas deve ser avaliado em consonância aos demais fatores de formação para uma real compreensão.

✓ Tempo

O tempo como fator de formação de solos se refere ao período em que os fatores ativos, clima e organismos, atuaram sobre o material de origem, condicionados pelo relevo. Conforme Oliveira (2008), quanto mais longo o período ocorrido a partir de determinado momento, mais tempo o material de origem ficará sujeito à ação conjunta de fatores e processos pedogenéticos, sofrendo uma série continuada de transformações, as quais serão mais intensa e rápida, quanto mais agressivas forem às ações pedogenéticas atuantes. No Brasil, os solos podem possuir materiais de origem recentes, como os sedimentos adicionados às planícies aluviais, até velhas superfícies de aplainamento, variando tanto a cronologia dos solos, como sua maturidade (estágio de evolução).

A estimativa da idade relativa ou grau de maturidade dos solos é universalmente baseada na diferenciação horizonte. No geral, é aceito que quanto maior o número de horizontes e maior a sua espessura, mais maduro é o solo (JENNY, 1941).

Porém, a análise temporal do solo é algo muito subjetivo, já que alguns solos, mesmo que submetidos a longos períodos de tempo, podem ser pouco evoluídos, como alguns Neossolos. Outros, sujeitos à intensa intemperização, podem se tornar maduros em cronologias mais curtas, como alguns Latossolos. Assim, o tempo necessário para que o solo atinja o equilíbrio varia em função de sua taxa de desenvolvimento, que é a combinação de efeitos de tempo, da intensidade do clima e da atividade da biota, e ainda adicionado aos efeitos da topografia, e, principalmente, da natureza do material de origem.



Pedron *et al.* (2010) avaliaram a morfologia dos contatos existentes entre solo, saprolito e rocha em Neossolos, na região central do Rio Grande do Sul. Notaram que nos estágios iniciais de formação do solo, as características específicas de cada material de origem são mantidas, porém, quando o fator tempo atua, a ação do intemperismo torna o material mais homogêneo, com a perda progressiva das características das rochas de origem.

✓ Relevo

O fator de formação relevo refere-se à configuração superficial da superfície terrestre, e afeta diretamente o desenvolvimento do solo. Conforme Freire (2006) o relevo é caracterizado pelo conjunto das elevações e das expressões geográficas de uma região, sendo definido pela altitude, declividade, uniformidade e extensão das superfícies.

O relevo está intimamente ligado ao fator tempo. Assim na paisagem brasileira, onde os processos de pedogênese são bastante ativos, o relevo tem papel crítico como controlador do tempo de exposição aos agentes bioclimáticos. As partes mais velhas estão nas grandes e altas chapadas, com solos mais velhos e lixiviados, enquanto as partes rejuvenecidas são as mais baixas e declivosas, com solos mais novos (RESENDE *et al.*, 2007).

Segundo Oliveira (2008), o relevo também influencia o clima do solo, já que este é afetado pela incidência da radiação solar, variando de acordo com a inclinação e posição das vertentes, e com a altitude. Como o relevo regula o movimento de água ao longo da vertente, tanto superficialmente como no interior do solo, este influencia importantes fenômenos da modelagem da paisagem, tanto rejuvenescimento, como transporte e acúmulo (sedimentação). Além disso, age sobre a lixiviação de solutos, transporte de partículas coloidais, hidrólise, hidratação e dissolução. Buol *et al.* (1973) apud Oliveira (2008), relacionam à influência do relevo os seguintes atributos do solo: profundidade, espessura e conteúdo de matéria orgânica do horizonte superficial, umidade do perfil, cor do perfil, grau de diferenciação dos horizontes, reação do solo, conteúdo de sais solúveis, temperatura e o caráter do material inicial.

Assim, as diferentes formas da paisagem expressas pelo relevo, em varias escalas, provocam variações nos atributos do solo em magnitudes diferenciadas, dependentes de um local específico da paisagem. Segundo Campos *et al.* (2007), fatores como hidrologia, litologia e as condições climáticas também são responsáveis por essa variabilidade, principalmente quando associados aos acontecimentos geológicos e geomorfológicos históricos, que influenciam a dinâmica de ocorrência e o grau de evolução dos solos nas paisagens.



3.4. Pedogeomorfologia

A necessidade de compreensão da distribuição espacial dos solos e da sua dinâmica interna requer a integração dos estudos pedológicos com outros ramos do conhecimento, principalmente aos relacionados às Ciências da Terra. Quanto mais detalhado e maior o número de atributos e fenômenos ocorrentes na pedosfera forem analisados, melhor será o entendimento da origem, evolução, constituição e a distribuição espacial dos solos. Segundo Vidal-Torrado *et al.* (2005), para compreensão da distribuição espacial dos solos é importante considerar a geologia, em particular a estratigrafia, principalmente dos depósitos superficiais mais recentes; a hidrologia, referente aos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais; e a geomorfologia, quanto à morfogênese e morfografia.

A relação entre o solo e a paisagem pode ser entendida como o padrão de distribuição espacial dos atributos do solo e suas relações de dependência com a disposição do relevo, onde os fatores essenciais para estudar essas relações são o material de origem e os aspectos topográficos. Conforme Seibert *et al.* (2007), o material de origem induz alterações no comportamento dos atributos do solo em função de sua natureza genética e mineralógica.

Conforme Buol *et al.* (1980) *apud* Santos *et al.* (2010), ao mesmo tempo em que o relevo modifica a influência do material de origem, tempo de remoção e deposição de material, escoamento superficial e regime do lençol freático, ele é alterado durante a pedogênese. Assim, além do solo ser resultado da ação do relevo, o relevo também pode ser resultado da evolução do solo, uma vez que as remoções por dissolução intempérica constituem um importante processo indutor da erosão. Desta forma, o relevo, além de ser um fator de formação, é um importante agente de remoção e destruição.

Portanto, no processo evolutivo do solo, a participação do relevo é um dos processos mais importantes, visto que este influencia a intensidade do fluxo de água tanto horizontal como vertical, superficial ou subsuperficial, acelerando as reações químicas do intemperismo, promovendo o transporte de sólidos ou de materiais em solução e produzindo efeitos que provocam variabilidade espacial nos atributos e tipos de solo. Ghidin *et al.* (2006), avaliando topossequências no Estado do Paraná, obtiveram diferentes teores de minerais da fração argila nos perfis de cada topossequência, podendo essa diferença ser atribuídos à ação da drenagem, portanto o relevo é condicionador das diferenças das classes de solo nestas topossequências.

Segundo Guerra e Cunha (1995), o relevo tem marcante influência nas condições hídricas e térmicas dos solos e, por conseguinte, no clima do solo. Quanto à dinâmica da água, o relevo influencia na movimentação vertical e paralela à superfície do terreno, determinando a frequência e duração em que o solo permanece saturado ou não. O relevo também influencia a espessura do solo e a diferenciação dos horizontes, já que quando em superfícies mais suaves, os solos tendem a se tornar mais profundos e com maior diferenciação entre os horizontes (GUERRA e CUNHA, 1995). O tipo de solo também é



influenciado pela posição na encosta, em planícies encharcadas, onde se manifestam os fenômenos de redução, ocorre a formação de solos hidromórficos, já em locais de alta declividade, há menor infiltração de água e maior escoamento superficial, sendo comum o rejuvenescimento e formação de solos rasos e pouco evoluídos.

A integração da Geomorfologia à Pedologia vem sendo concretizada pela elaboração de modelos conceituais, como o de K-ciclos (Butler, 1959), que refere-se à dimensão temporal, e o de Catenas (Milne, 1935), cuja dimensão é espacial.

No modelo de K-ciclos (BUTLER, 1959), enfatiza-se a dimensão temporal no desenvolvimento dos solos na paisagem, sugere a existência de uma fase de instabilidade ambiental seguida de outra estável. Na PR-meira fase, predominam processos de erosão e deposição que podem atingir somente algumas áreas (FITZPATRICK, 1980), na segunda ocorre o predomínio dos processos pedogenéticos, que, operando nos sedimentos depositados no período anterior, vão constituir novos perfis de solo. Estes, se não sofrerem remoção ou soterramento em um segundo K-ciclo, serão submetidos a novos processos pedogenéticos influenciados por novas condições climáticas (FITZPATRICK, 1980), ou ainda, podem ser parcialmente recobertos enquanto a pedogênese opera.

O modelo de Catena foi estabelecido por Milne (1935), um dos pioneiros na interpretação da relação solo e relevo em escalas de detalhe, que ressaltou a importância dos movimentos de matéria ao longo da topografia, levando à formação de solos. Conforme Milne, 1935: “Catena é uma unidade prática de mapeamento [...] que agrupa solos que, a despeito de estarem colocados em pontos diferentes de um sistema natural de classificação, tendo em vista suas diferenças morfológicas e fundamentais, estão, no entanto, relacionadas na sua ocorrência por condições topográficas e se repetem nas mesmas posições uns em relação aos outros, sempre que aquelas condições estão presentes”.

Para Milne (1935), diversas características geomorfológicas devem ser consideradas, como forma do relevo, declividade, disposição da encosta, já que estão relacionadas à erodibilidade e gênese dos solos, que pode ser utilizado como uma primeira aproximação de unidades espaciais para a coleta de amostras de solo, pode também predizer solos que estão sobre condições topográficas semelhantes. Segundo este autor, os principais fatores responsáveis pelas sucessões de solos numa encosta seriam os processos erosivos, comandados pela topografia.

Conforme ressaltado anteriormente, os primeiros trabalhos sobre relações solo e relevo eram frequentemente baseados no contexto da catena. No entanto, esse modelo não era bastante preciso, pois incluía tanto materiais uniformes como materiais de origem múltipla. Conforme Birkeland (1984), o estudo da catena abrange somente duas dimensões, indo do topo da encosta até o fundo do vale, não conseguindo apreender relações cronoestratigráficas de solos interdigitados e/ou superpostos, assim como a existência de segmentos topográficos onde podem estar predominando processos erosivos ou deposicionais. Ruhe (1956) expandiu e refinou esse modelo, descrevendo relações entre



superfícies geomórficas, materiais sobrepostos e solos. Esse autor relacionou determinados solos a determinadas superfícies em áreas sobre sedimentos com muitos estratos diferentes.

As superfícies geomórficas são produtos de uma história geológico-geomorfológica que guarda testemunhos de sua evolução, incluindo os próprios solos que podem estar sendo sustentados por um ou mais substratos geológicos, consolidados ou não, na dependência de sua evolução pós-deposicional (VIDAL-TORRADO *et al.*, 2005). Conceitualmente, superfície geomórfica é uma porção de terra definida no tempo e no espaço, com limites geográficos definidos e caráter tempo-dependente (RUHE, 1969; DANIELS *et al.*, 1971). Portanto, as superfícies trazem informações de acontecimentos pretéritos, auxiliando na interpretação do presente.

Conforme Hall (1983), uma superfície é mais jovem que qualquer outra superfície ou material que secciona; é mais velha ou, pelo menos, contemporânea aos depósitos de fundo de vale; é mais jovem que as superfícies adjacentes situadas em posição superior e, conseqüentemente, mais velha que as posicionadas inferiormente; é mais velha ou pelo menos contemporânea aos depósitos existentes sobre ela; e é mais jovem que qualquer estrutura que ela seccionar.

Motta *et al.* (2002) investigaram as relações pedogeomorfológicas em uma área do Planalto Central Brasileiro, identificaram na superfícies geomórficas mais elevada e plana, solos mais intemperizados, variando com o regime hídrico ao longo das encostas; na segunda superfície, as características dos solos indicam a contribuição de sedimentos junto ao material autóctone; e na terceira superfície, que disseca as anteriores, predominam solos menos intemperizados, com atributos muito variáveis, fortemente influenciadas pelo substrato geológico. Em consonância com esse estudo, Campos *et al.* (2007), na região de Pereira Barreto/SP, notaram que a compartimentação da paisagem em superfícies geomórficas e a identificação do material de origem mostraram-se bastante eficientes para entendimento da variação dos atributos do solo.

Além disso, conforme Daniels *et al.* (1971), a idade do solo deve ser considerada como a mesma da respectiva superfície geomórfica, a relação entre solos e superfícies geomórficas é representada pela tendência de que quanto mais velha e estável é a superfície, mais homogênea ela deve ser em relação aos solos que nela ocorrem, ou seja, a complexidade e variabilidade de solos é inversamente proporcional à idade da superfície. As superfícies geomorficamente mais estáveis oferecem condições para um maior desenvolvimento e estabilidade dos solos. Superfícies menos estáveis possuem normalmente solos menos desenvolvidos e mais variados. Concordando com o conceito de superfície geomórfica como indicador da idade dos solos, Teramoto *et al.* (2001), na microbacia do ribeirão Marins em Piracicaba/SP, e Cunha *et al.* (2005), no município de Jaboticabal/SP, concluíram que quanto mais velha e estável foram as superfícies geomórficas, mais homogênea foram os solos nela encontrados, e maior foi a evolução pedogenética, enquanto superfícies menos estáveis possuem normalmente solos menos desenvolvidos e mais variados.



A cor do solo é função, principalmente, da presença de óxidos de Fe e matéria orgânica, além de outros fatores, tais como: a umidade e a distribuição do tamanho de partículas (Fernandez e Schulze, 1992). Segundo Demattê *et al.* (1991), o comportamento da cor é condicionado pelo movimento de água no sentido do declive, por ação do fluxo superficial e subsuperficial e, portanto, influenciado pela posição do solo na paisagem. O relevo, como regulador do fluxo de água e transporte de material orgânico, possui grande participação na determinação da cor do solo, que é ordenada, principalmente, pela presença de óxidos de Fe e matéria orgânica, além do fator umidade. Em um estudo de Latossolos em topossequência numa chapada do Alto Vale do Jequitinhonha, Ferreira *et al.* (2010), encontraram no topo Latossolo Vermelho, no terço médio Latossolo Vermelho-Amarelo, no terço inferior Latossolo Amarelo e no sopé Latossolo Amarelo, de cor cinzenta. Assim, o relevo determina a rede de drenagem, e esta influencia nos óxidos de Fe, que por fim refletiram a cor dos solos. A proporção entre os minerais mais expressivos na fração argila da maioria dos Latossolos brasileiros, caulinita, goethita, hematita e gibbsita, condiciona a cor do solo, que depende do material de origem, da intensidade de intemperismo e das condições de drenagem.

A análise de perfis de solo ao longo de uma topossequência oferece à geomorfologia dados importantes para o estudo do balanço da desnudação e dos processos dominantes na evolução das vertentes (GHIDIN *et al.*, 2006). Segundo Christofolletti (1980), os vários processos, como escoamento, movimento de regolito, infiltração, eluviação, favorecem o fluxo de matéria e energia por meio do sistema, até que são transferidas para o sistema fluvial. A vertente é um sistema complexo tridimensional que se estende do interflúvio ao meio do leito fluvial e da superfície do solo ao limite superior da rocha não intemperizada (SANTOS *et al.*, 2010).

Assim, sendo a vertente controladora do transporte e da deposição de sedimentos, esta condiciona variabilidade espacial nos atributos do solo, indicado por diversos estudos. Martins *et al.* (2007) estudando uma topossequência no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, verificou solos menos evoluídos no topo, relacionados com ambientes erosionais (afloramento rochoso, Neossolo Litólico e Cambissolo), e os mais evoluídos na base, associados a ambientes deposicionais (Argissolo e Latossolo). Santos *et al.* (2010), estudando solos de uma topossequência no município de Pinheiral/RJ, encontrou Cambissolo no topo e terço médio; Argissolo no terço superior e inferior; e Gleissolo na área plana de várzea. Anjos *et al.* (1998), estudando solos na microbacia Caetés, em Paty do Alferes (RJ), encontraram solos geneticamente mais evoluídos nas partes altas e planas da paisagem (Latossolo), Cambissolos em locais de maior perda de material, e Argissolos em sítios com maior fluxo de água lateral, aliado à remoção superficial de argila. Nesses três estudos o relevo e o material de origem foram os principais fatores que alteram a pedogênese.

De acordo com as condições ambientais, há uma redistribuição interna do material tanto vertical como lateralmente, modificando as propriedades físicas, químicas e mecânicas do solo com o tempo. Assim pode-se afirmar que a cobertura pedológica encontra-se em perpétua evolução, dependente da variável



temporal. Segundo Boulet (1990), se as condições do meio modificarem-se no espaço e/ou no tempo, suficientemente para que as condições pedoclimáticas escapem do domínio de equilíbrio das organizações elementares, aquelas se tornam instáveis, elas se transformam para dar origem a novas estruturas em equilíbrio com as novas seqüências de organizações elementares, que interrompem, a um nível variável, aquelas da cobertura inicial. Essas novas organizações se sucedem de maneira ordenada, são discordantes em relação àquelas da cobertura inicial e se propagam lateralmente à custa desta. Formam-se, assim, associações organizadas, que têm sido denominadas de sistemas de transformação, porque elas correspondem à transformação de uma cobertura inicial em outra cobertura, com organização e dinâmica por vezes muito diferente.

Pelo lado tectônico, determinada região, ao ser submetida a soerguimentos cíclicos, possibilita o encaixamento da rede de drenagem local, visto que, em busca de reequilíbrio com o nível de base regional, os cursos fluviais tendem a incidir verticalmente os vales (encaixamento), desencadeando, por sua vez, um aumento no gradiente de declividade das vertentes. São geradas as condições para intensificação da erosão, sobretudo nos segmentos de alta e média vertente (FIGUEIREDO *et al.*, 2004).

Ruellan e Dosso (1993) *apud* Zapparoli (2009), salientaram que os fatores ativos, como tectônica, clima, escoamento, vegetação, fauna, homem, trabalham em função do tempo, transformando e dando modelado às rochas e aos relevos, que são os fatores passivos, sendo essas relações os motores dos mecanismos de formação das estruturas pedológicas. Dentre os fatores que constam nestas bases determinantes estão a natureza do material parental, sedimentos subjacentes, topografia, idade, hidrologia subsuperficial, estrutura geológica e tectonismo, elevação, exposição e clima, estando estes atuando em conjunto.

Dessa forma, Ruhe (1956), determinou que os solos estariam sempre associados a formas de relevo específicas, e os seus padrões de distribuição espacial seriam repetitivos e predizíveis. Nesses modelos os materiais intemperizados produzidos na alta vertente tendem a se movimentarem em direção à jusante, o que produziria uma seqüência de solos menos espessos na alta vertente e mais espessos na média e baixa vertente.

O modelo para cada área de estudo deve ser feito individualmente, pois cada particularidade gera uma determinada seqüência de solos. Barbosa e Lacerda (2009) avaliaram as relações pedomorfogeológicas na região das Chapadas Elevadas do Distrito Federal/DF, encontraram Latossolos Vermelhos, no topo plano, Latossolos Vermelho-Amarelos, nas bordas das Chapadas, e Cambissolos, em declividades acentuadas. Todas as classes de solos apresentam características químicas, físicas e mineralógicas semelhantes, nesse caso constatou-se que a distribuição dos solos é condicionada pela evolução geomorfológica e pela geologia da região. Já Campos *et al.* (2011) estudando uma toposseqüência sobre granito na região de Manicoré/AM, notaram a presença de solos distróficos e mais



intemperizados no topo (Latosolo Vermelho distrófico típico), e solos eutróficos na encosta e sopé de transporte, com menor grau de evolução (Latosolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico).

As formas do relevo com fluxos de água diferenciados induzem diferenciações espaciais de vários atributos dos solos. Conforme Resende (1985), a erosão dos solos aumenta das pedoformas côncavas para as convexas, passando pela linear, que apresenta maior estabilidade. Geralmente, sobre as formas côncavas, o movimento da água é convergente, portanto os solos tendem a ser mais úmidos e mais profundos, e na forma convexa, o escoamento é divergente e mais intenso, e conseqüentemente a erosão é mais acentuada, formando solos mais rasos.

Avaliando as relações entre formas de paisagem e erosão em um Latossolo Vermelho eutrófico em Jaboticabal (SP), Souza *et al.* (2003) identificaram modelos de paisagem côncavo e linear. Segundo os resultados, as propriedades do solo e do potencial natural de erosão apresentaram maior variabilidade espacial na pedoforma côncava, apesar de esta forma de paisagem apresentar menores perdas de solo por erosão e menor variabilidade espacial da erodibilidade. As maiores taxas de erosão mostraram estar relacionadas com as formas lineares, que provocam uma maior taxa de renovação do solo. Dessa forma, a quantificação da erosão associada às formas de paisagem tem apresentado subsídios para a determinação de zonas específicas de manejo. Montanari *et al.* (2005) demonstraram que nas áreas côncavas há maior variabilidade espacial dos atributos químicos dos solos, e também variabilidade na produtividade da cultura de cana-de-açúcar, quando comparado com à forma linear.

O relevo é o fator de formação que controla a distribuição de matéria no sistema solo, e quando sob boa drenagem e mantidos constantes os demais fatores, quanto menor a declividade, maior é a taxa de acúmulo e o grau de humificação da matéria orgânica. Silva *et al.* (2007) avaliaram Latossolos originados de gnaisses de uma topossequência no Sul de Minas Gerais, verificaram que no topo plano de vertentes, ocupadas por solos acentuadamente drenados, a erosão hídrica é incipiente, o que favorece o acúmulo de matéria orgânica que, com o passar do tempo, vai sendo cada vez mais humificada; na meia encosta a erosão hídrica remove parcialmente a matéria orgânica do solo, dificultando seu acúmulo e humificação. A declividade também mostrou-se atuante na formação de solos em outro estudo, onde Moreau *et al.* (2006) analisaram solos em duas topossequências nos tabuleiros costeiros do Sul da Bahia, e estes apresentaram-se com diferenças quanto às características morfológicas e físicas. Assim, os solos da topossequência que esta inserida, em platô mais dissecado, indicam que foram formados sob condições pedogenéticas de remoção mais intensa, quando comparado aos da outra topossequência.

Conforme Queiroz Neto (2000), uma forma de interpretar os estágios de evolução dos perfis de solo e as vertentes do relevo, é fazer a correlação pedologia-geomorfologia entre solos de origem alóctones e os de origem autóctones. O que geralmente ocorre é que os materiais de solos produzidos nas zonas de interflúvio, sejam transportados continuamente, tendo como agentes de transporte a gravidade e a percolação hídrica, depositando-se em vários pontos da vertente em direção à jusante. Em alguns



casos a determinação da origem do material do solo é difícil ou mesmo indeterminável, uma vez que pode haver gênese eluvial e coluvial atuando em conjunto.

De forma geral, a alta vertente está constantemente alterando, já que os materiais intemperizados tendem a uma contínua movimentação para jusante, resultando em pedoambientes imaturos, como Neossolos Litólicos e Cambissolos. Os segmentos de meia e baixa vertente seriam uma zona de acumulação, coluvionamento. Conforme Figueiredo *et al.* (2004), estas condições poderiam ser denominadas biotásicas; ou seja, haveria um equilíbrio nas inter-relações entre as variáveis envolvidas, sendo possível inferir em que velocidade o limite de diferenciação lateral e vertical evoluiu. Em um estudo de topossequências sobre gnaisses no Quadrilátero Ferrífero/MG, Figueiredo *et al.* (2004) encontraram, nos segmentos de alta vertente, solos pouco desenvolvidos e autóctones, na meia vertente solos mais espessos e coluvionais, provindos da alta vertente. Porém, em discordância com os modelos biotásicos clássicos, que apontam para uma zona de acumulação, na baixa vertente observou-se a ocorrência de solos pouco desenvolvidos (Neossolo e Cambissolo). Portanto houve uma ruptura na seqüência de transporte e deposição ao longo das topossequências.

Uma das principais dificuldades de se estudar atributos de solo relacionados à geomorfologia é que o estudo deste último tem que ser bem primoroso, uma vez que Souza *et al.* (2004) estudando a influência das formas do relevo na variabilidade de atributos do solo, verificaram que mesmo pequenas variações das formas do relevo, já condicionam variabilidade aos atributos do solo (matéria orgânica e estabilidade de agregados). Em outros casos, a variação do relevo podem não refletir de forma decisiva na formação do solo, devido principalmente às condições locais. Parahyba *et al.* (2010), estudando uma topossequência no Agreste Pernambucano, constatou que, de maneira geral, o posicionamento no relevo promoveu poucas diferenciações entre os perfis de solo. Da mesma forma, Dias *et al.* (2003) estudando o domínio quartzítico do Parque Estadual do Ibitipoca/MG, evidenciaram que a formação dos solos é mais influenciada por elementos lito-estruturais do que por variações topográficas, já que predominam na área solos rasos e pouco desenvolvidos (Neossolos e Cambissolos), e apenas em áreas de falhas e fraturas ocorrem Espodossolos e Neossolos quartzarênicos mais profundos.

Além disso, o conhecimento das relações entre solo e superfície geomórfica pode subsidiar levantamentos de solos, constituindo poderoso instrumento de predição da feição pedológica de áreas ainda não conhecidas, ao permitir a identificação da topossequência típica e o entendimento da distribuição espacial e das características dos solos de uma região. Pode-se propor elementos para prever as ocorrências dos solos na paisagem ou mesmo permitir o desenvolvimento de boas hipóteses de trabalho, principalmente em áreas de difícil acesso, mas semelhantes a outras já estudadas.

O melhor conhecimento das relações relevo-solo através da Pedogeomorfologia pode configurar-se como um importante subsídio para estudos ambientais de cunho conservacionista, orientando, por



exemplo, trabalhos de avaliação do potencial de uso do solo e de definição de áreas de risco à erosão (SALGADO, 2005).

Na região em estudo, de clima tropical, os solos são majoritariamente intemperizados, o que é atribuído às condições climáticas de altas temperaturas e precipitação pluvial. O relevo apresenta-se, em sua maioria, acidentado, fazendo com que a intensidade dos processos pedogenéticos sejam ainda mais alterados pela remoção de material, rejuvenescendo as superfícies e provocando variabilidade espacial nos atributos do solo. Assim, neste tipo de paisagem há uma maior interdependência solo-relevo, o que justifica a adoção da metodologia de catenas para o atual estudo.

3.5. Importância de Levantamentos Pedológicos

A falta de disponibilidade de levantamentos de solos em escala adequada em diversas regiões do Brasil traz como consequência a má utilização dos recursos naturais, com a consequente degradação dos solos e com a obtenção de rendimentos inferiores ao potencial regional (GIASSON *et al.*, 2006).

O levantamento identifica solos que passam a ser reconhecidos como indivíduos ou unidades naturais, sendo uma importante ferramenta para estratificar os ambientes, agrupando-os em parcelas mais homogêneas possíveis na paisagem. Segundo a EMBRAPA (1995) o levantamento pedológico é uma excelente fonte de informações, pois identifica as unidades naturais baseadas em um conjunto de relações e propriedades observáveis na natureza. Prevê e delinea suas áreas nos mapas permitindo um prognóstico da distribuição geográfica dos solos, estratificando os ambientes e agrupando-os em parcelas mais homogêneas, estabelecendo correlações e interpretações da variabilidade espacial. Permite, assim, focar suas condições ecológicas limitantes e, por consequência, determinar o seu potencial de uso e manejo sustentáveis.

Dentre os maiores problemas mundiais atuais, poluição ambiental, escassez de recursos hídricos e produção de alimentos, decorrem do uso inadequado dos recursos naturais, sendo que a pedologia tem uma importância muito grande na busca de soluções desses problemas, cabendo a ela o diagnóstico e planejamento do uso adequado das terras para os diferentes fins; e, aliado a outras ciências, a recuperação de áreas degradadas e proteção ambiental. Dessa forma, levantamentos pedológicos mais detalhados são de fundamental importância ao desenvolvimento do país, possibilitando a tomada de decisão embasada em conhecimentos mais específicos.

O Brasil possui uma deficiência de informações pedológica, contando, em nível nacional, apenas com os levantamentos do Projeto RADAMBRASIL realizado em 1983, com mapas exploratórios de solos na escala 1:1.000.000, cobrindo cerca de 80% de seu território. Porém, conforme Dalmolin *et al.* (2004), mapas de solo em escalas pequenas como essas não são adequados para o planejamento de uso



e manejo de solos em municípios, bacias hidrográficas ou propriedades rurais, sendo necessários mapas em escalas mais detalhadas para esse fim.

3.6. Classes de Solos

De acordo com a segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009) há 14 classes de solos no primeiro nível categórico, e estas foram estruturadas até o quarto nível categórico, sendo que o quinto e sexto nível categórico ainda estão em processo de discussão. O Brasil situa-se quase inteiramente no domínio tropical úmido. Esta situação, aliada a estabilidade estrutural de seu embasamento, que desde o final do Cretáceo não sofreu movimentações de grande porte, leva a predominância de uma cobertura pedológica que reflete, de maneira acentuada, o fator climático como preponderante na sua formação. Nessa escala de análise, rocha original e condições topográficas locais tem importância secundária.

Já em escala estadual, a EMBRAPA (2004) atualizou o mapeamento de solos do Estado de Minas Gerais, principalmente para avaliar a aptidão agrícola das terras. Utilizou-se como material básico os levantamentos de recursos naturais do Projeto Radambrasil complementados com os trabalhos da EMBRAPA Solos. As principais classes de solos ocorrentes no Estado, ou seja, aqueles dominantes nas associações, foram os Latossolo Vermelho-Amarelo (25%), Latossolo Vermelho (18%), Cambissolos (18%), Argissolo Vermelho-Amarelo (10%) e Argissolo Vermelho (10%), com aptidão agrícola que variou de boa para lavouras a restrita para silvicultura, considerando três níveis de manejo. Os solos deste Estado possuem, marcadamente, argila de atividade baixa (97%), são predominantemente álicos (54%), têm o A moderado como horizonte superficial dominante (86%), relevos dominantes o plano (27%) e forte ondulado (25%), textura predominantemente argilosa (43%) e como principais formações vegetais primárias o campo cerrado (23 %) e a floresta tropical subperenifólia (17%).

Em sequência, serão abordadas algumas ordens de solos que ocorrem com mais frequência na área em estudo, sudeste de Minas Gerais. Os conceitos apresentados para cada ordem estão contidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (OLIVEIRA, 2008).

✓ Latossolos

Os Latossolos são solos minerais, em avançado estágio de intemperização, como resultado de energéticas transformações no material constitutivo. Apresentam horizonte B latossólico abaixo de



qualquer horizonte diagnóstico superficial. São virtualmente destituídos de minerais primários facilmente intemperizáveis e apresentam capacidade de troca de cátions da fração argila baixa, resultando em solos com baixa reserva em nutrientes, e apresentam baixa relação K_i , inferior a 2,2. São bem drenados e profundos, com seqüência de horizontes A, B e C com pouca diferenciação, apresentando transições difusas ou graduais. Esses solos são típicos de regiões tropicais ou equatoriais, e está associado áreas de relevo pouco movimentado, composto por colinas amplas e em topos aplainados de colinas médias. Sua origem está associada a processos de intensa lixiviação que provoca o aprofundamento do perfil por drenagem interna, predominantemente vertical, e enriquecimento em óxidos de ferro e/ou alumínio. Distribuem-se por amplas superfícies, mais de 50% no Território Nacional, ocorrendo em praticamente todas as regiões, diferenciando-se entre si principalmente pela coloração e teores de óxidos de ferro, que determinaram a sua separação em quatro classes distintas ao nível de subordem: vermelho, amarelo, vermelho-amarelo e bruno. Além da sua importância em extensão, estão na ordem de solos de mais fácil manejo e maior utilização no país, tanto para atividades de engenharia, como piso de estrada e principalmente como suporte para a agricultura e pecuária, que mesmo que quando com baixa fertilidade, apresenta grande produtividade quando corretamente manejados.

✓ Argissolos

Os Argissolos são constituídos por material mineral, que têm como característica diferencial a presença de horizonte B textural. Esses solos apresentam um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial (A ou E) para o horizonte B, com ou sem decréscimo para os horizontes subjacentes. A transição entre o horizonte A e B textural é geralmente clara, abrupta ou gradual. São solos de profundidades variáveis, desde forte a imperfeitamente drenados. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte B textural. São solos fortes a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, saturação por alumínio igual ou superior a 50% e/ou saturação por bases inferior a 50% na maior parte do horizonte B. São predominantemente caulínicos e com relação molecular K_i , em geral, variando de 1,0 a 3,3. São, depois dos Latossolos, os solos mais expressivos do Brasil, sendo verificados em praticamente todas as regiões. Apresentam uma grande variedade nas suas características, ressaltando a presença do horizonte B textural. Quanto mais elevado for a relação textural, maior é a suscetibilidade à erosão, e quanto mais próximo à superfície estiver o horizonte B textural, mais pode limitar o uso do solo.



✓ Cambissolos

Os Cambissolos são constituídos por materiais minerais, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer outro tipo de horizonte, desde que não satisfaça os requisitos para se enquadrar na classe dos Chernossolos, Plintossolos ou Gleissolos. O conceito central é que são solos em estágio intermediário de intemperismo, ou seja, não sofreram alterações físicas e químicas muito avançadas. Apresentam grande variabilidade em relação às suas características, mas o mais comum é de não serem muito profundos, apresentarem teores elevados de minerais primários facilmente intemperizáveis, atividade da fração argila média a alta e discreta variação de textura no *solum*. A drenagem varia de acentuada a imperfeita e podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B incipiente, e as cores podem ser diversas. Muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos. Ocorrem disseminados em todas as regiões do Brasil, podendo ocorrer em todos os tipos de relevo. Cobre grandes extensões nas regiões serranas do Brasil meridional, e no vale do rio São Francisco são bastante utilizados com agricultura irrigada, destacando-se as culturas de cana-de-açúcar e a fruticultura.

✓ Gleissolos

Os Gleissolos são solos constituídos por materiais minerais, são hidromórficos com horizonte glei dentro dos primeiros 150 cm da superfície, abaixo do horizonte A, E ou hístico, mas sem espessura para definir como Organossolos. Não possuem horizonte vértico e horizonte plúntico a menos de 200 cm da superfície, e horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com o horizonte glei, ou textura areia ou areia franca nos primeiros 150 cm de profundidade ou até um contato lítico. A maioria dos Gleissolos estão em planícies aluviais que possuem excesso de água durante parte do ano, portanto é comum má ou muito má drenagem interna nestes solos. A maioria apresenta lençol freático elevado durante parte do ano, portanto é fortemente limitado quanto ao uso. Apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50 cm da superfície. As variações de atributos físicos, químicos e mineralógicos são muito acentuadas nesses solos. Podem ser de alta ou baixa fertilidade natural, CTC e saturação por bases variam desde baixa a muito elevadas. Ocorrem em praticamente todas as regiões brasileiras, ocupando principalmente as planícies de inundação de rios e córregos.



✓ Neossolos

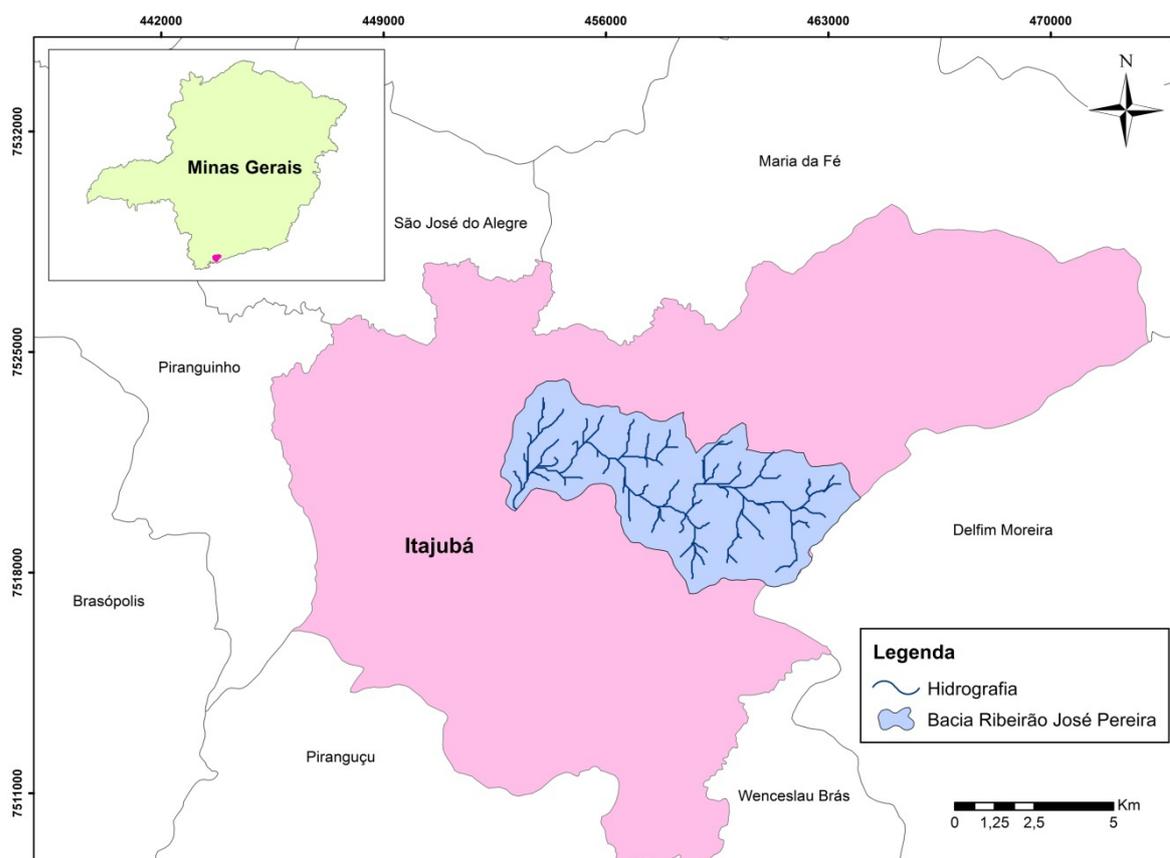
Os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), com pequena expressão dos processos pedogenéticos, sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, em consequência da baixa intensidade de atuação dos processos que não permitiu modificações expressivas do material de origem, seja pelas características de resistência ao intemperismo do material de origem, e/ou do relevo que impediu ou limitou a evolução desses solos. Agrega quatro subordens: litólicos, flúvicos, regolíticos e quartzarênicos. Os Neossolos Litólicos apresentam contato lítico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo, como são rasos tem baixo suprimento de água e nutrientes disponível às plantas. Apresentam minerais primários alteráveis superior a 4%. Os Neossolos Regolíticos apresentam o saprólito a pouca profundidade, sendo este material mais brando que a rocha, portanto são semelhantes aos Litólicos, mas menos restritivos em relação ao aprofundamento do sistema radicular. Geralmente os Neossolos Litólicos e Regolíticos estão associados a relevo forte ondulado a montanhoso, podendo estar associado à rocha exposta, muito encontrados no Sul e no Nordeste, com restrições à utilização.

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1. Caracterização da Área de Estudo

A caracterização da sub-bacia do ribeirão José Pereira foi realizada por meio de levantamento de dados bibliográficos, imagens de satélite, cartas topográficas, modelos e levantamentos de campo. As cartas temáticas geradas foram essenciais para seleção das catenas e para compreensão da distribuição dos solos nestas, assim como a influencia da pedogênese e geomorfogênese na formação dos solos.

A sub-bacia do ribeirão José Pereira, afluente do rio Sapucaí na sua região média, se localiza integralmente no município de Itajubá, ao sul do estado de Minas Gerais, entre os meridianos $45^{\circ} 27' 31''$ e $45^{\circ} 20' 57''$ W e os paralelos $22^{\circ} 23' 18''$ e $22^{\circ} 26' 57''$ S, conforme Figura 4.1.



Fonte: IBGE (2001).

Figura 4.1. Localização geográfica da sub-bacia do ribeirão José Pereira.



Ao norte a sub-bacia é limitada pelas Serra do Juru e Serra dos Toledos, ao leste pela Serra da Água Limpa, ao sul pela Serra da Pedra Amarela e a oeste por pequenos divisores que a separam da sub-bacia do rio Sapucaí. O ribeirão José Pereira nasce na Unidade de Conservação Reserva Biológica Serra dos Toledos, atravessa os bairros urbanos do Cruzeiro, Pinheirinho, BPS e Centro, e por fim deságua no rio Sapucaí na área comercial do município.

A sub-bacia José Pereira possui como camada de água subterrânea o Aquífero Varginha, o qual apresenta-se livre a semi-confinado, fraturado e heterogêneo. Segundo Primo (2004) o comprimento do ribeirão José Pereira é de 16,55 km, a vazão média de 0,764 m³/s, e sua área de drenagem é de aproximadamente 39,74 Km².

4.1.1. Clima

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a sub-bacia do ribeirão José Pereira apresenta as duas variações do Clima Tropical de Altitude, o tipo *Cwa*, predominante em grande parte da área, e *Cwb*, restrito a uma pequena porção a noroeste da sub-bacia. Portanto, o clima pode ser descrito como mesotérmico (C), no qual a temperatura média do mês mais frio está entre 3°C e 18°C, com chuvas de verão (w) e verões quentes no tipo *Cwa* (mês mais quente com média igual ou superior a 22°C), e brandos no tipo *Cwb* (média do mês mais quente inferior a 22°C).

A análise dos dados da estação meteorológica de Itajubá nos anos de 1999 a 2010, localizada na Universidade Federal de Itajubá, permite observar um comportamento anual de temperatura e precipitação, mostrado na Figura 4.2. A média mensal de temperatura não excedeu a 22°C durante o ano todo, sendo as maiores médias registradas nos meses de outubro a março. Nos meses mais frios, de maio a agosto, a média foi inferior a 16°C.

A precipitação média anual varia entre 1.300 mm e 1.700 mm (Figura 4.2), com maiores concentrações nos meses de novembro a março, caracterizando a estação chuvosa, podendo ocorrer inundações nos vales adjacentes aos rios que drenam a região, principalmente nos meses de dezembro e janeiro. A estação seca ocorre nos meses de abril a agosto, que coincide com os meses mais frios do ano, com temperaturas médias por volta dos 15°C, quando por vezes podem ocorrer geadas nos locais de maiores altitudes.

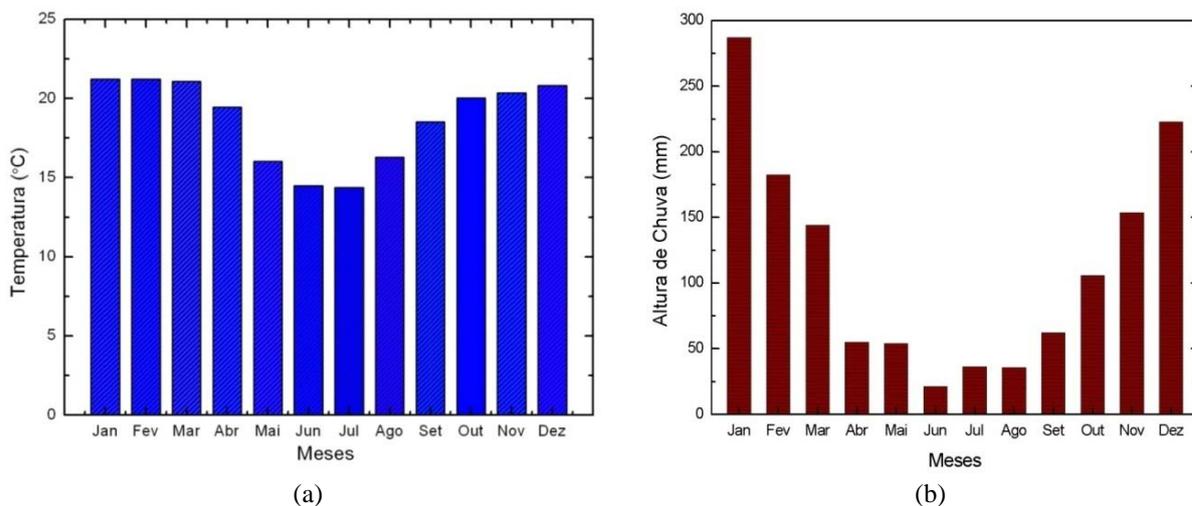


Figura 4.2. Médias mensais de temperatura (a) e de precipitação (b) registradas na Plataforma de Coleta de Dados de Itajubá nos anos de 1999 a 2010.

4.1.2. Fases de Vegetação Primitiva

A região em estudo insere-se no Bioma Mata Atlântica, onde sua vegetação primitiva foi definida pelo Manual Técnico de Vegetação Brasileira (IBGE, 1991) como Floresta Estacional Semidecidual. Segundo Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999), a Floresta Estacional Semidecidual foi a fitofisionomia mais alterada pela ocupação humana no estado de Minas Gerais.

De acordo com o Manual Técnico de Vegetação Brasileira (IBGE, 1991), o conceito ecológico deste tipo de vegetação está condicionado pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada, e outra subtropical, estacionalidade em que a sub-bacia em estudo se insere, sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C.

A Reserva Serra dos Toledos possui a cobertura vegetal original de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, porém, na atualidade, a maior parte da reserva é formada por vegetação secundária, conforme Figura 4.3.



(a)



(b)

Figura 4.3. Delimitação da face sudeste da Reserva Biológica Serra dos Toledos (a) e sua vegetação (b).

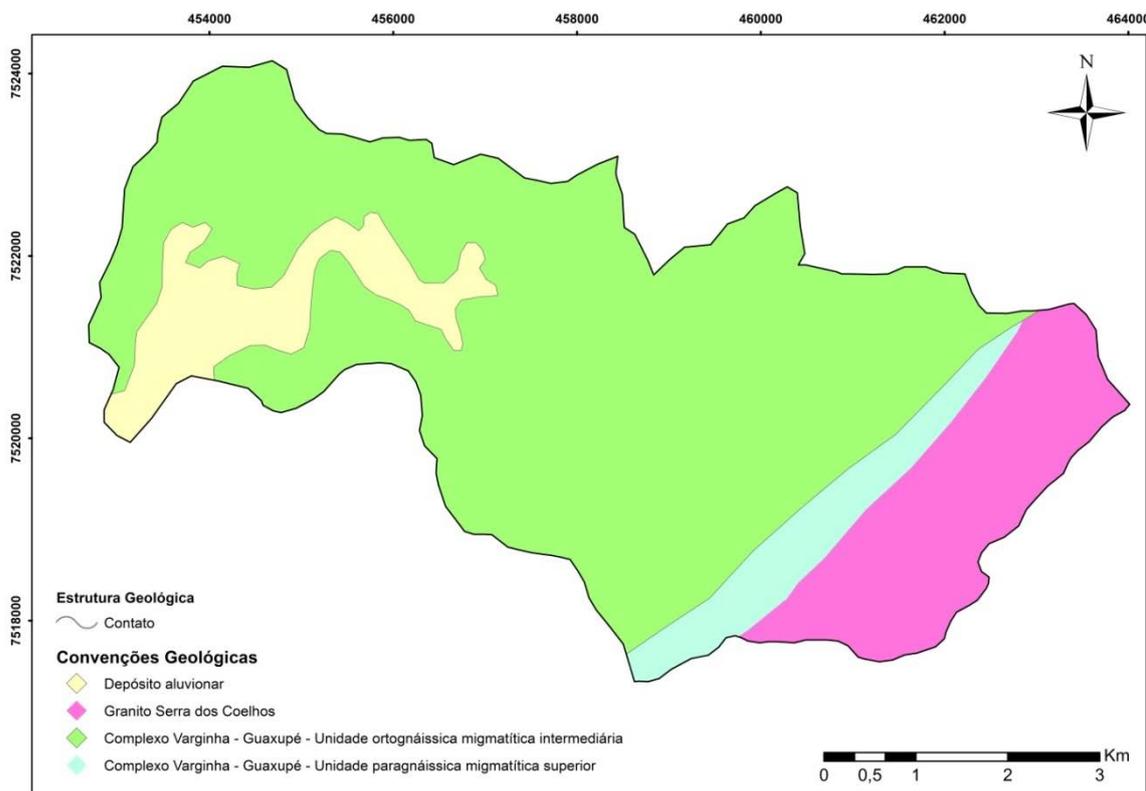
4.1.3. Cartas Temáticas

A fase inicial do trabalho foi a obtenção e configuração de mapas temáticos da sub-bacia do ribeirão José Pereira, essenciais para fundamentação do mapeamento pedológico. A seguir são apresentadas as cartas de Geologia, Geomorfologia, Hipsometria e Declividade, e Classe de Solos.

4.1.3.1. Geologia

A constituição geológica da sub-bacia do ribeirão José Pereira foi fundamentada na descrição litoestratigráfica da Folha de Itajubá - SF.23-Y-B-III, de escala 1:100.000, elaborado por Trouw *et al.* (2008), por meio do Programa Geologia do Brasil para o Serviço Geológico de Brasil – CPRM, em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

A confecção do mapa geológico foi realizada por meio do *software* ArcGis 9.2. O embasamento litológico da área de estudo está apresentado na Figura 4.4, compreendendo uma associação de rochas cristalinas do Paleoproterozóico/Arqueano, metassedimentos Neoproterozóicos e depósitos do Quaternário. A área de estudo se encaixa regionalmente na Província Mantiqueira, representando o extremo sul da Faixa Brasília Meridional (Orógeno Brasília). As descrições feitas a seguir de cada convenção geológica foi feita de acordo com Trouw *et al.* (2008), adaptando as características local.



Fonte: CPRM, 2008

Figura 4.4. Formações Geológicas na sub-bacia do ribeirão José Pereira.

✓ **Embasamento Paleoproterozóico/Arqueano**

Granitóide Cedo a Sin-colisional – Granito Serra dos Coelhos

Pertence ao domínio Socorro-Guaxupé, como um corpo com dimensões quilométricas, alongado na direção nordeste-sudoeste, encaixado em gnaisses. Ocupa quase 15% da sub-bacia, localizado na borda leste, principalmente na Serra da Água Limpa, onde as altitudes e declividades são mais marcantes. Apresenta partes equidimensionais com granulometria média a grossa, e outras partes com fenocristais de microclina, com até 6 cm de comprimento, orientados paralelamente a foliação regional. É composto por microclina, quartzo, plagioclásio, biotita e hornblenda. Como minerais acessórios destacam-se a allanita, além de apatita, titanita, minerais opacos e zircão. A composição química é de monzogranito, localmente chegando a quartzo-monzonito. Localmente encontram-se xenólitos de gnaisses encaixantes e enclave de diorito.



✓ **Sucessões Metassedimentares Neoproterozóicas**

Complexo Varginha-Guaxupé - Unidade Paragnaíssica Migmatítica Superior e Unidade Ortognaíssica Migmatítica Intermediária.

O Complexo Varginha-Guaxupé é composto por gnaisses neoproterozóicos. Abrange a maior parte da sub-bacia, mais de 76% da área, e ocorre nesta em duas subdivisões: Unidades Ortognaíssica Migmatítica Intermediária e Paragnaíssica Migmatítica Superior. Ao menos as duas unidades superiores são intrudidas por um granitóide cedo a sin-colisional que ocorre restrito ao domínio do Complexo Varginha-Guaxupé.

A Unidade Paragnaíssica Migmatítica Superior localiza-se paralelamente a oeste da Serra dos Coelhos, ocorrendo posicionada sobre ortognaisses das duas unidades anteriores. É composta por sillimanita granada paragnaisses com porfiroblastos de K-feldspato com até 5 cm de comprimento, e de granada com até 1,5 cm de diâmetro. Inclui biotita, quartzo, microclina, plagioclásio, granada e sillimanita. Como minerais acessórios ocorrem titanita, apatita, epidoto e zircão. Clorita e muscovita aparecem como minerais secundários. Geralmente estes gnaisses estão intercalados com granitos anatóticos, de granulometria média a grossa, localmente gnaissificados. Estes granitos formam corpos tabulares, com espessura variando de decimétrica a métrica, paralelos a foliação principal dos paragnaisses.

A Unidade Ortognaíssica Migmatítica Intermediária localiza-se na região central da sub-bacia, sendo composta por hornblenda biotita ortognaisses e biotita ortognaisse, de composição granodiorítica a tonalítica. Estes gnaisses possuem granulometria fina, localmente com porfiroclastos, originalmente fenocristais, de feldspato, com até 3 cm de comprimento. Geralmente apresentam aspecto migmatítico com textura estromática. Ambos os litótipos possuem intercalações de lentes de anfibolitos com espessura variando de centimétrica a métrica, e granulometria fina a grossa. Estes anfibolitos são compostos por hornblenda, plagioclásio e clinopiroxênio. Como minerais acessórios ocorrem apatita, titanita, minerais opacos e zircão.

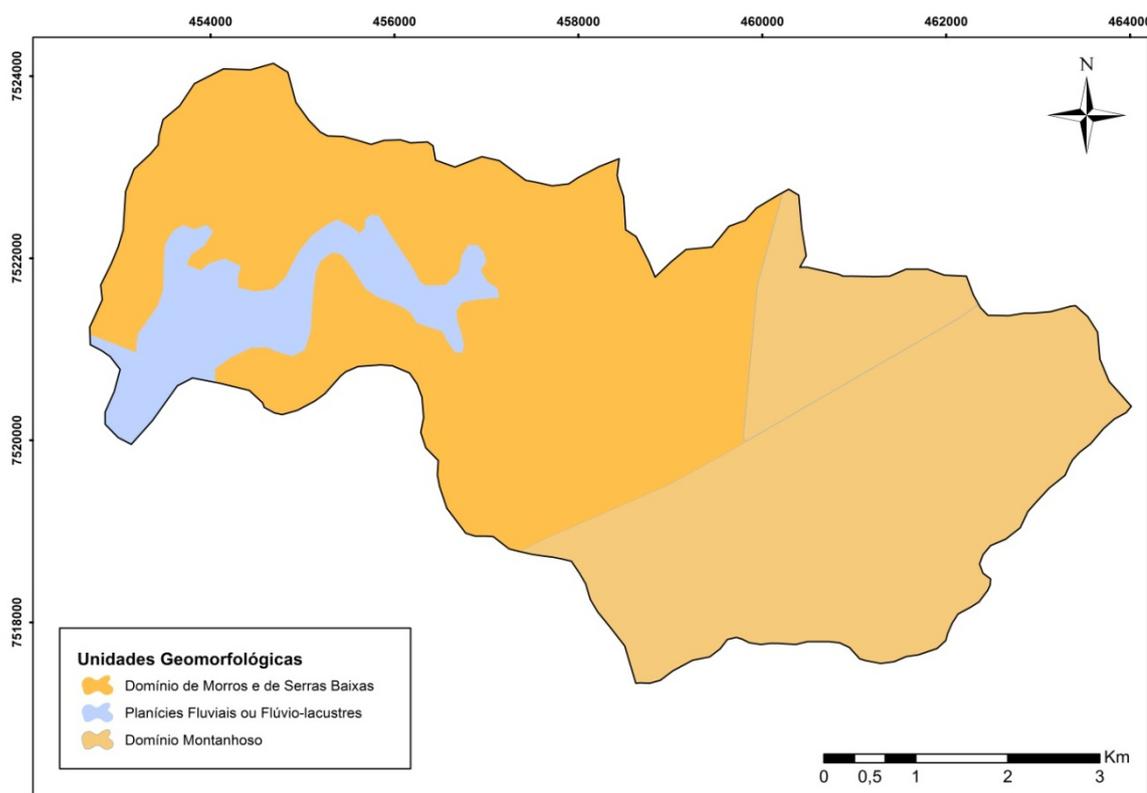
✓ **Depósitos Quaternários**

Os depósitos aluvionares são sedimentos inconsolidados presentes nas áreas baixas do relevo, além de depósitos de tálus adjacentes às escarpas das serras e de colúvios que cobrem grandes áreas de embasamento. Ocupa cerca de 8,8 % da sub-bacia.

4.1.4. Geomorfologia

A geomorfologia foi baseada na carta de geodiversidade do Rio de Janeiro (SF-23) fornecida pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, na escala original 1:1.000.000, elaborada por Silva (2008). Posteriormente confirmaram-se as unidades geomorfológicas por meio de identificação destas em campo, sendo necessários alguns ajustes para melhor adequá-la. Por fim, a carta geomorfológica da sub-bacia José Pereira foi elaborada por meio do *software* ArcGis 9.2.

O relevo de Minas Gerais é responsável por torná-lo um dos estados mais elevados do Brasil, sendo que grande parte das terras altas estão na região Sudeste, onde se insere o município de Itajubá. De acordo com a tipologia de domínios morfoclimáticos proposta por Ab' Sáber (1965), a área em questão se insere no Domínio dos Mares de Morros Florestados, compreendendo formas de relevo esculpidas sobre os terrenos dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos. Segundo Silva (2008), a área em estudo pode ser compartimentada em três unidades geomorfológicas, conforme indica a Figura 4.5.



Fonte: adaptado de CPRM (2008)

Figura 4.5. Unidades geomorfológicas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.



✓ **Domínio Montanhoso**

Ocupa cerca de 34% da área de estudo, localiza-se na posição leste da sub-bacia, região que possui as maiores altitudes, onde as cristas podem atingir até 1.750 m, e maiores declividades. Esta unidade morfoescultural desenvolve-se sobre sequências vulcanosedimentares dobradas metamorizadas em baixo a médio grau e complexos de granito-gnaiss-migmatitos e de granulitos. A unidade em questão forma topos angulosos com vertentes retilíneas/convexas. A rede de drenagem é predominantemente dendrítica e controlada pela estrutura tectônica regional.

✓ **Domínio de Morros e de Serras Baixas**

É a unidade de relevo que predomina na sub-bacia, ocupando mais de 56% da área. Acompanha a parte oeste da sub-bacia, com relativamente médias a baixas altitudes (800 a 1300 m). É caracterizada pelo padrão de morros baixos com vertentes convexas. Esta unidade assenta-se sobre complexos granito-gnaiss-migmatitos da crosta inferior. Os morros são entremeados por anfiteatros onde ao fundo são concentrados os fluxos d'água e sedimentos, sendo que estes fazem ligação com as planícies de inundação dos eixos principais de drenagem. O padrão de drenagem nesta unidade é predominantemente dendrítico nos canais de menor ordem e canais meandantes nas planícies de inundação. Possui características geomorfológicas típicas do Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros Florestados.

✓ **Planícies Fluviais**

As Planícies Fluviais ocupam apenas 9,3% da área e se inserem sobre as cotas altimétricas mais baixas da sub-bacia, entre 800 e 950 m, ocupando as áreas de várzea diretamente influenciadas pelas vazantes, e desenvolvem-se sobre depósitos inconsolidados: areia, cascalho, silte e argila. Compreende um conjunto de formas de relevo de agradação geradas durante o Pleistoceno Superior e o Holoceno por uma interação de processos fluviais.

O padrão de drenagem da sub-bacia do ribeirão José Pereira é predominantemente dendrítico a sub-dendrítico nos domínios Montanhoso e de Morros e Serras Baixas, enquanto que na planície fluvial predomina o padrão meândrico tortuoso a sub-retilíneo.

4.1.5. Altimetria e Declividade

Com base nas curvas de nível de 10 em 10 metros, obtidas a partir de levantamento topográfico anteriormente realizado por pesquisadores da UNIFEI, foi elaborado o mapa de altimetria e de declividade, no software ArcGis 9. Para o mapa altimétrico foi gerado o Tin, por meio da extensão 3D Analyst, enquanto que para o mapa de declividade utilizou-se a altimetria como base e o comando Slop.

Na área de estudo a altitude varia entre 840 e 1.760 m, de acordo com a Figura 4.6. A porção oeste da sub-bacia apresenta as menores altitudes, onde se situa as planícies fluviais e a parte urbanizada da sub-bacia, e a porção leste estão as serras nas maiores elevações, como a do Juru e a dos Toledos.

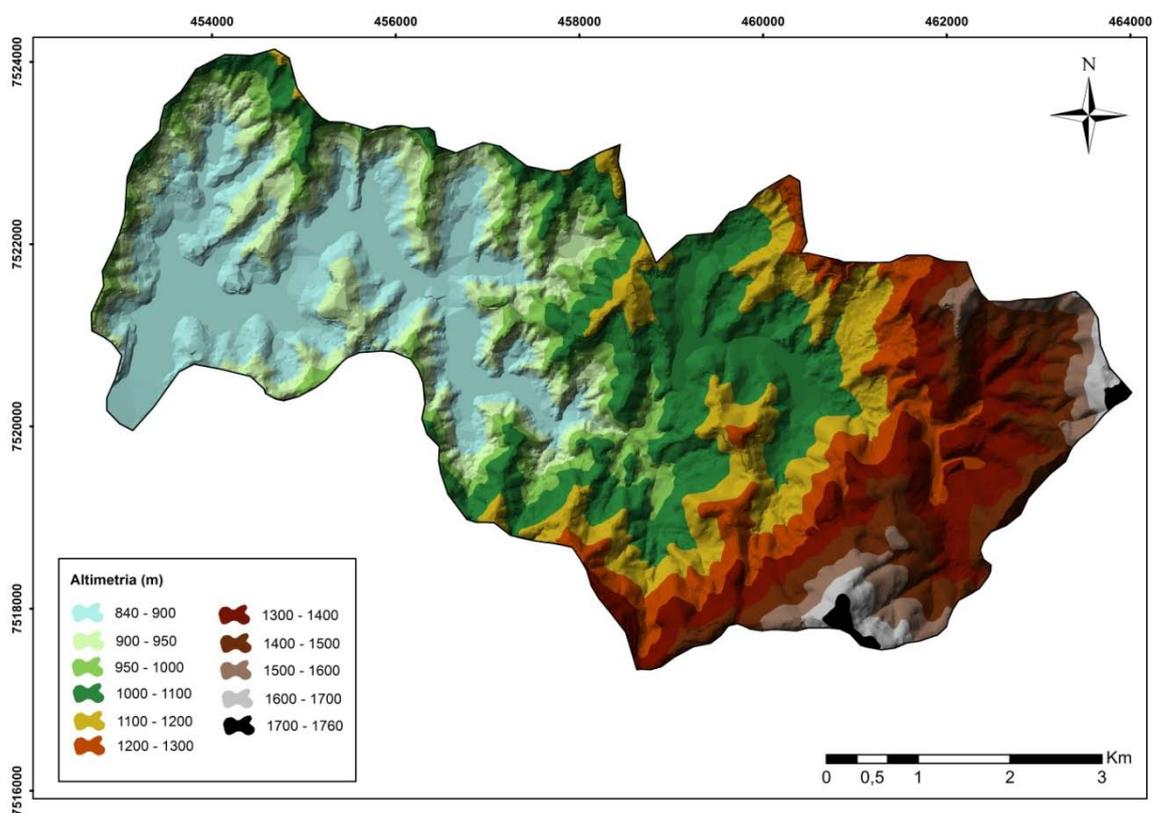


Figura 4.6. Classes de altitude da sub-bacia do ribeirão José Pereira.

As classes de declividade adotadas foram aquelas correspondentes as fases de relevo de acordo com o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007): **Plano** (0-3%), **Suave Ondulado** (3-8%), **Ondulado** (8-20%), **Forte Ondulado** (20-45%), **Montanhoso** (45-75%) e **Escarpado** (maior que 75%).

O mapa de declividade facilita a visualização do grau de inclinação do terreno em intervalos de classes, possibilitando, através de uma análise integrada a outros mapas, apoiar a cartografia dos solos no campo. O delineamento das classes de declive pode ser visualizado na Figura 4.7.

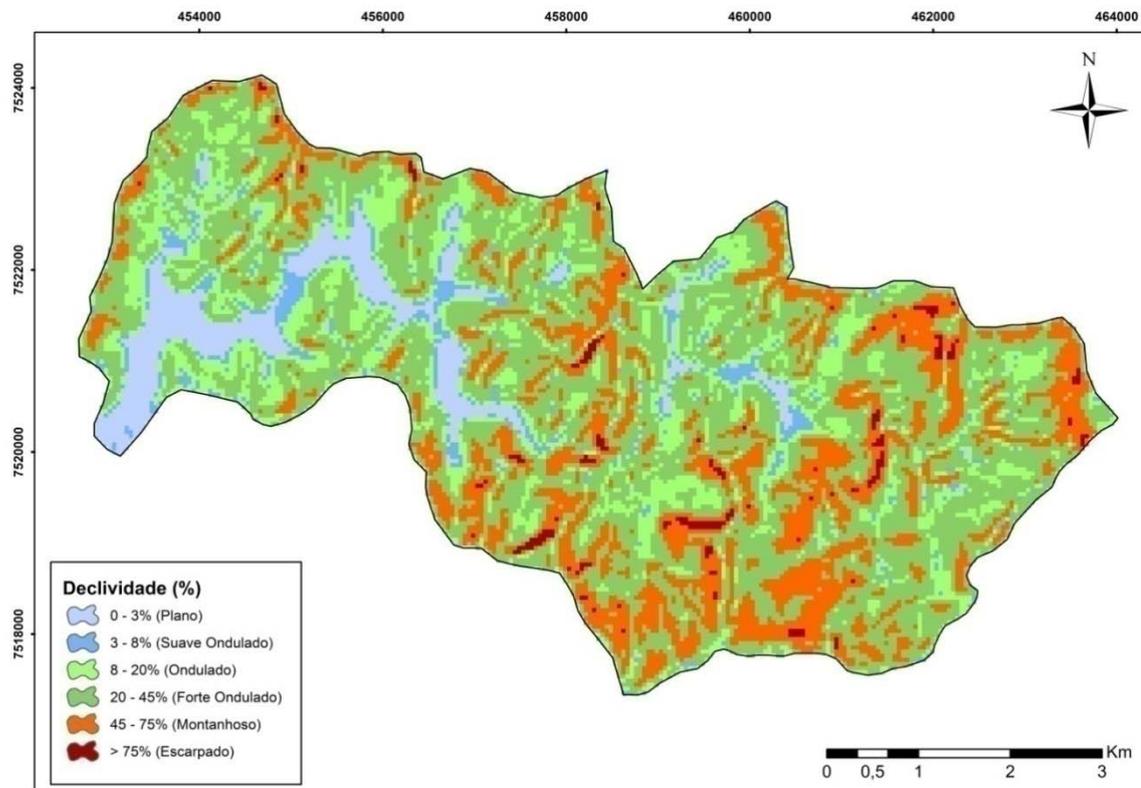


Figura 4.7. Classes de declividade da sub-bacia do ribeirão José Pereira.

4.1.6. Classes de Solos

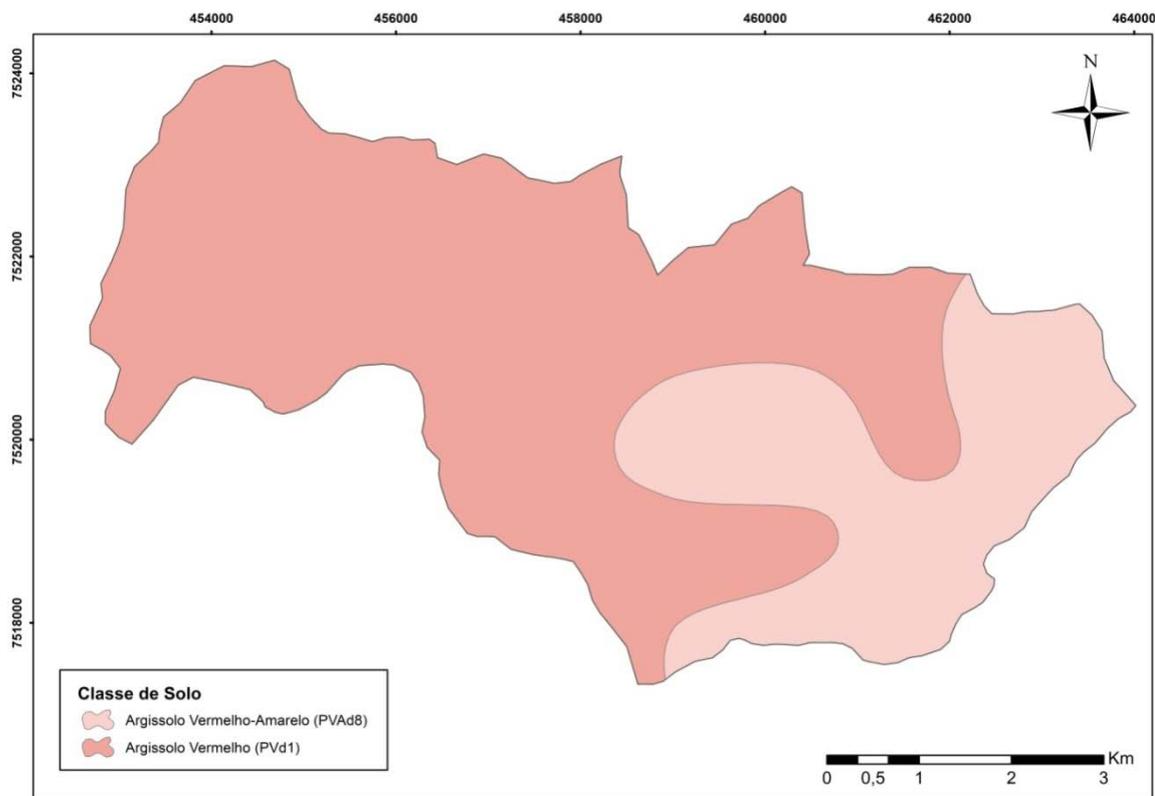
A identificação inicial dos solos da área de estudo teve como base o mapa de solos do Estado de Minas Gerais da FEAM (2010) e o mapa de solos do Projeto BRASIL (1983). Para a configuração desses mapas foi utilizado o *software* ArcGis 9.2.

O mapa de solos do Estado de Minas Gerais foi elaborado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM); Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC); Universidade Federal de Viçosa (UFV); e Universidade Federal de Lavras (UFLA); em 2010, na escala 1:600.000. Neste levantamento as unidades de mapeamento de solos da bacia José Pereira foram Argissolo Vermelho-Amarelo-PVAd (28,6%) e, predominantemente, Argissolo Vermelho- PVd (71,4%) (Figura 4.8).

Na unidade de mapeamento PVAd predomina o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, com A moderado, textura média à argilosa. Como inclusão estão registradas as classes Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, com A moderado, e textura argilosa; e Cambissolo Háplico distrófico típico,

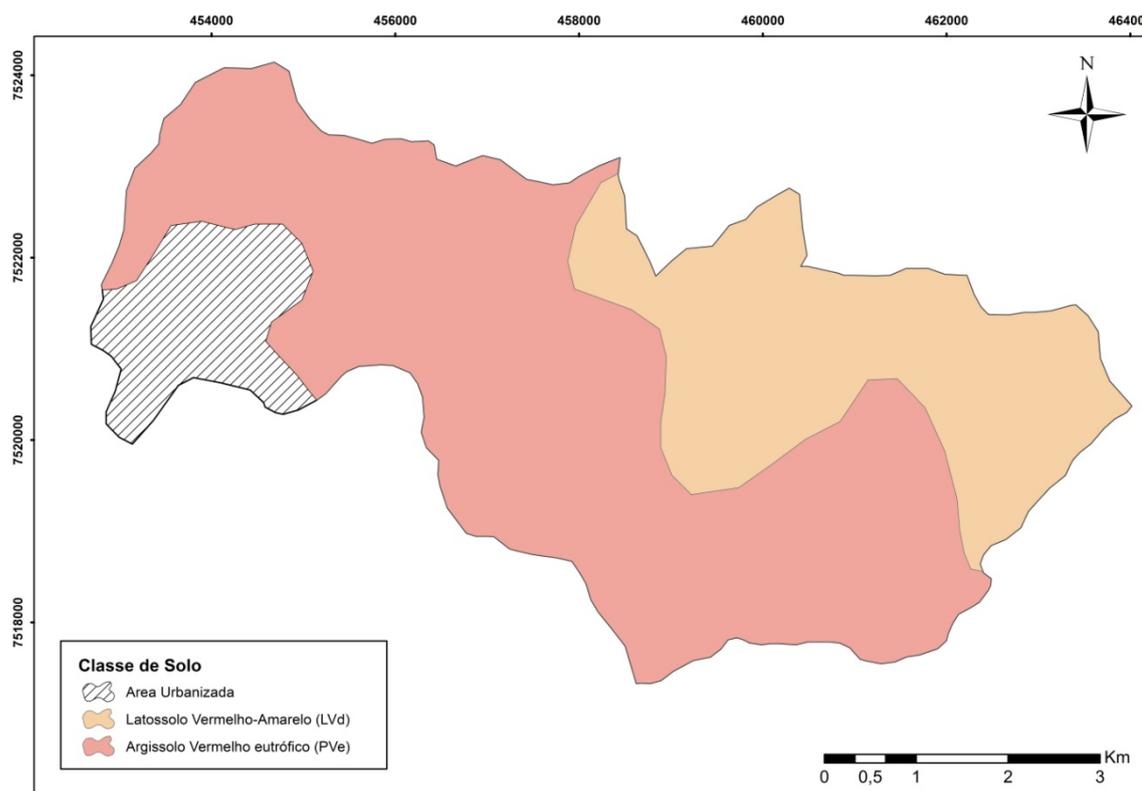


com A moderado, textura siltosa à argilosa, sendo o relevo ondulado e forte ondulado. Na unidade PVd domina o Argissolo Vermelho distrófico típico, com A moderado e fraco, textura média à argilosa, sendo o relevo forte ondulado.



Fonte: FEAM (2010)

Figura 4.8. Solos da sub-bacia do ribeirão José Pereira, segundo a FEAM (2010).



Fonte: BRASIL (1983)

Figura 4.9. Solos da sub-bacia do ribeirão José Pereira, segundo o BRASIL (1983).

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL, Figura 4.9, os solos presentes na sub-bacia foram Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico- LVd (28,7%), e, majoritariamente, Argissolo Vermelho eutrófico –PVe (61,9). A área urbana representa 9,4% da sub-bacia.

4.2. Seleção das Catenas

As catenas selecionadas foram as mais representativas da área, abrangendo diversas formas de encostas e tipos de relevo, de modo a permitir as correlações solos-superfícies geomórficas (IBGE, 2007).

Inicialmente procedeu-se com a interpretação preliminar de mapas temáticos, como geologia, geomorfologia, topografia, altitude e declividade, uma vez que esses temas influenciam no processo de distribuição das classes de solo. Buscou-se homogeneizar áreas com maior semelhança entre seus padrões fisiográficos, e assim auxiliar na delimitação dos diferentes ambientes de solos.

Após a compartimentação da área em unidades semelhantes, procedeu-se a dez visitas de campo por toda a extensão da sub-bacia em estudo para reconhecimento da área (Figura 4.10), em que

foram feitas observações quanto a relevo, declividade, erosão, drenagem, vegetação, uso do solo. As informações elaboradas em escritório foram complementadas com as de campo, gerando embasamento para a seleção das catenas, possibilitando abranger uma adequada distribuição dos solos na paisagem.



Figura 4.10. Visitas de campo para reconhecimento das características das catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.

Além disso, como a sub-bacia possui diferença significativa em seu relevo, esta foi dividida em três compartimentos topomorfológicos (Figura 5.1), um compartimento superior, um médio e um baixo, e as catenas foram distribuídas ao longo desses compartimentos. Os compartimentos topomorfológicos são importantes já que podem condicionar distintos padrões de espacialização de solos.

Foram selecionadas oito catenas, e para localização dos pontos de abertura de trincheiras ou cortes de estrada ao longo destas, utilizou-se o conceito das superfícies geomofológicas, considerando a variação nas classes de declividade e de altimetria, procurando, sempre que possível, a abertura no topo, terço superior, terço inferior e na planície, evitando locais com grande interferência antrópica.

4.3. Coleta de Amostras e Caracterização dos Perfis de Solos

Para cada uma das oito catenas, selecionou-se 3 a 4 pontos de abertura, totalizando 31 perfis completos. As catenas foram distribuídas ao longo da sub-bacia, com exceção da sua porção sudoeste, devido à ocupação urbana, e da porção leste, a Reserva Serra dos Toledos, pela dificuldade de acesso e pela disponibilidade preliminar de dados já levantados em estudo de solos realizados por Pereira (2007).

As trincheiras foram abertas com auxílio de cavadeira reta, cavadeira articulada, enxada, enxada e pá. O tamanho médio das trincheiras foi de 1,5 m de comprimento, 1,3 m de largura, e profundidade de 2 m. Nos casos em que a dificuldade e limitação de equipamentos não permitiu atingir esta profundidade, o trado holandês foi também utilizado. Em cortes de estrada aprofundou-se 50 cm para

evitar solos expostos que sofreram alteração de seus atributos morfológicos. A Figura 4.11 mostra abertura de trincheiras e corte de estrada.



Figura 4.11. Abertura de trincheira (a) e limpeza de cortes de estrada (b) na sub-bacia do ribeirão José Pereira.

Como a maior parte do trabalho foi realizada em pasto, as trincheiras foram cercadas, conforme Figura 4.12, evitando assim o acesso de animais. A campanha de campo foi do início de março a outubro de 2011. Em cada perfil foram identificados os horizontes, realizada a descrição morfológica dos solos e amostras foram coletadas de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo, Santos *et al.* (2005).



Figura 4.12. Cercamento das trincheiras nas catenas da sub-bacia José Pereira.

Foram identificadas características gerais e ambientais no local de cada perfil, como coordenadas geográficas e altitude (com auxílio do GPS), declividade (com auxílio da estação total), vegetação, uso do solo, posição na encosta, drenagem, erosão, contato lítico/saprolítico, rochiosidade e pedregosidade.

Além disso, levantou-se atributos dos horizontes, como profundidade e espessura, cerosidade, transição, presença de raízes, estrutura, presença de mosqueados/variegados (Figura 4.13 e 4.14). Em seguida coletou-se, para cada horizonte dos perfis, cerca de 2 kg de amostras de solo deformadas, que foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados. Amostras indeformadas foram coletadas utilizando-se amostrador de Uhland, onde a porção de solo sobressalente aos anéis foi cuidadosamente removidos, e, por fim, acondicionados em sacos plásticos previamente identificados.



Figura 4.13. Caracterização dos perfis em campo nas catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.



Figura 4.14. Cor e estrutura em campo (a), raízes e cerosidade (b) nas catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.

O total de horizontes analisados foi de 131. Todas as amostras foram encaminhadas ao laboratório de Solos da Universidade Federal de Itajubá. A coleta de amostras indeformadas e deformadas está representado na Figura 4.15 e 4.16, respectivamente, enquanto que um esquema geral da metodologia de campo e laboratório está na Figura 4.17.



Figura 4.15. Coleta e limpeza de amostra indeformada nas catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.



Figura 4.16. Coleta de amostra deformada nas catenas da sub-bacia do ribeirão José Pereira

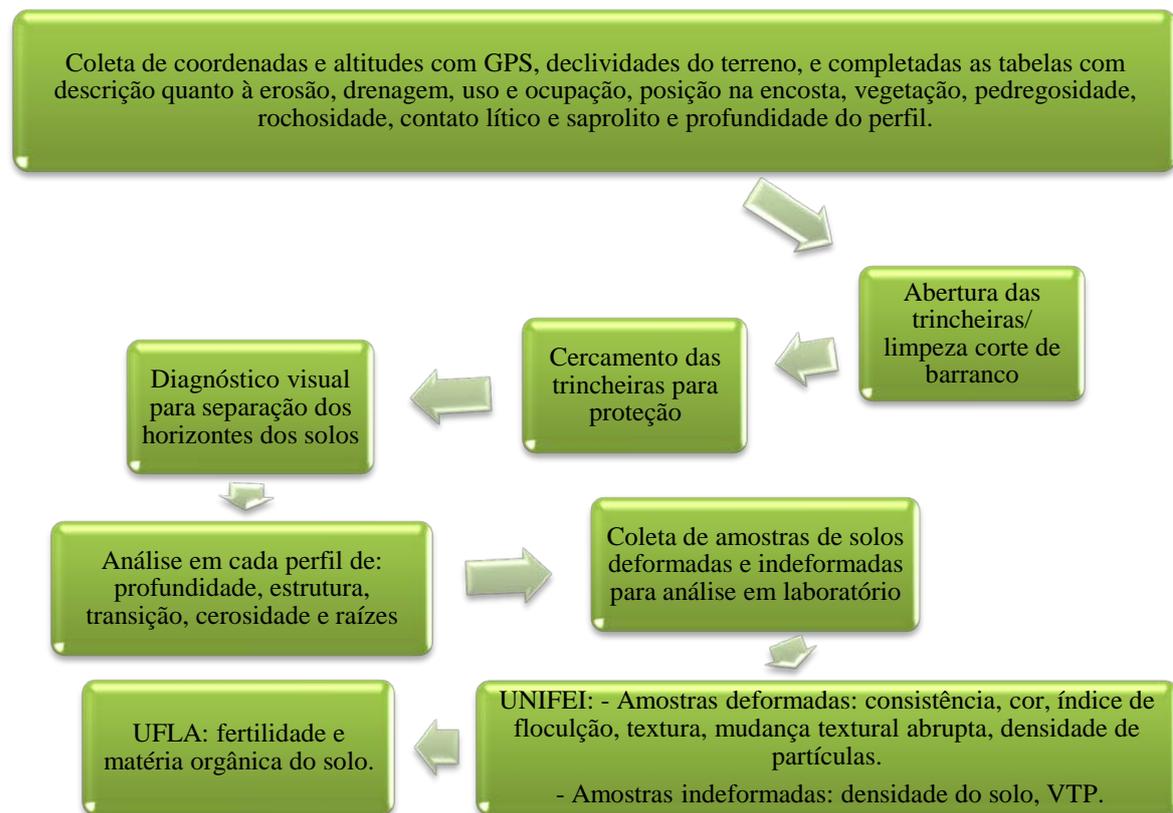


Figura 4.17. Esquema da metodologia de coleta de solo na sub-bacia do ribeirão José Pereira.

4.4. Métodos de Laboratório

Os trabalhos laboratoriais obedeceram aos métodos utilizados para a caracterização analítica dos solos, contidos no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

No laboratório de solos da UNIFEI, as amostras deformadas foram utilizadas para complementar as descrições dos horizontes de solos quanto à consistência (seca, úmida, plasticidade e pegajosidade), conforme Santos *et al.* (2005). As amostras deformadas foram secas ao ar, e então procedeu-se com as determinações dos atributos densidade de partículas (DP), pelo Método do Balão Volumétrico; textura, pelo Método da Pipeta; índice de floculação (IF); relação entre argila naturalmente dispersa e argila total; análises realizadas em triplicata. A determinação da cor foi realizada com auxílio da Carta de Munsell. As Figuras 4.18 a 4.21 representam algumas das análises laboratoriais.

As amostras indeformadas foram secas em estufa e utilizadas para determinação da densidade do solo (DS) pelo Método do Anel Volumétrico, e volume total de poros (VTP), sendo este último baseado na densidade do solo e na densidade de partículas.



Figura 4.18. Sequência laboratorial para quantificação das frações texturais e determinação do índice de floculação.



Figura 4.19. Vista geral do laboratório de Solos da UNIFEI: análises de textura e densidade de partículas.



(a)



(b)

Figura 4.20. Cor pela carta de Munsell (a) e densidade de partícula pelo Método do Balão Volumétrico (b).



Figura 4.21. Representação de todas as amostras de solo para análises laboratoriais.

Para a caracterização química, as amostras de solo coletadas foram secas e peneiradas em malha de 2 mm, e então enviadas ao Laboratório de Fertilidade do solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Foram avaliados: pH em água na relação 1:2,5 (solo:água) pelo método de McLean (1982); Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1N, analisados por titulometria (EMBRAPA, 1997); P e K extraídos pelo método Mehlich-1 e analisados por colorimetria e fotometria de chama respectivamente (EMBRAPA, 1997). O carbono orgânico foi determinado por colorimetria, utilizando o método de Walkley e Black, descrito em EMBRAPA (1997). Saturação de bases (V%), soma de bases (S), e saturação por alumínio (m%) foram calculadas e os valores foram considerados em relação à Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais (CFSMG, 1999). Os valores de CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T), foram obtidos de maneira indireta através dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável (VETTORI, 1969).

Para os resultados de análise química, a interpretação e avaliação de cada atributo químico estudado, foram realizadas de acordo com Alvarez V. *et al.* (1999).

4.5. Classificação e Mapeamento de Solos

Com base nos levantamentos morfológicos, físicos e químicos, os perfis de solos foram classificados segundo critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009), classificando, sempre que possível, até o quarto nível categórico.

O mapa de solos da sub-bacia do ribeirão José Pereira foi gerado com base nos 31 perfis de solos classificados nas oito catenas, no modelo digital de elevação (MDE), no conhecimento prévio da



relação solo x paisagem da região e no mapa de solos do estado de MG na escala de 1:600.000 (FEAM, 2010). A partir do MDE, geraram-se os mapas de relevo e altitude em relação ao canal do rio, nos softwares ArcGIS 9.2 e SAGA 2.0, respectivamente. Fundamentado nos conhecimentos prévios da relação solo-paisagem e da gênese de solo da região de estudo formularam-se as combinações dos atributos da paisagem para a confecção do mapa de solos, conforme pode ser verificado na Tabela 4.1.

O mapa gerado foi validado em campanha de campo, e ajustes necessários foram efetuados posteriormente. Levou-se em consideração para a confecção do mapa final a área mínima mapeável de 10 ha, e a escala foi de 1:25.000.

Tabela 4.1. Combinações dos atributos da paisagem para a confecção do mapa de solos.

Relevo	Altitude em relação ao canal do rio	Solo FEAM	Solo
Plano	< 5m	-	GX
Montanhoso	-	-	CX
Plano/Suave ondulado	> 5m	PVd1	LV
Ondulado	-	PVd1	PV1
Forte ondulado	-	PVd1	PV2
Ondulado	-	PVAd8	PVA1
Forte ondulado	-	PVAd8	PVA2
Plano/Suave ondulado	> 5m	PVAd8	LVA

* Onde GX: Gleissolo Háptico relevo plano; CX: Cambissolo Háptico relevo montanhoso; LV: Latossolo Vermelho relevo plano/suave ondulado; PV1: Argissolo Vermelho relevo ondulado; PV2: Argissolo Vermelho relevo forte ondulado; PVA 1: Argissolo Vermelho-Amarelo relevo ondulado; PVA2: Argissolo Vermelho-Amarelo relevo forte ondulado; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo relevo plano/suave ondulado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Modelo de Compartimentação Topomorfológica

Para a elaboração do mapa topomorfológico da sub-bacia José Pereira, analisou-se a configuração estrutural regional e local, aliada às informações topográficas e morfométricas das curvas de nível que resultaram na interpretação da morfografia da área em estudo. O estudo estrutural partiu da análise e interpretação do mapa geológico de Itajubá (Figura 4.4), além disso, informações adicionais foram adquiridas junto ao mapa geológico da Folha Rio de Janeiro SF 23, elaborado pela CPRM (2008). A interpretação topográfica e morfométrica das curvas de nível deu-se a partir das informações extraídas da Folha Itajubá, elaborada pelo IBGE (1971).



A configuração morfológica da sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira obedece, em grande parte, à configuração estrutural regional por meio dos alinhamentos e zonas cisalhantes pertencentes à Província Estrutural Mantiqueira. Tais estruturas condicionaram o encaixe da drenagem com posterior evolução do modelado a partir da incisão vertical sobre os materiais intemperizados e as rochas do embasamento.

A presença de contatos entre granitoides e zonas cisalhantes produzindo compartimentos topograficamente diferenciados foi o primeiro argumento de divisão entre as zonas topomorfológicas. O segundo argumento foi a configuração das curvas de nível e o espaçamento entre as mesmas, os quais resultaram na interpretação das formas. O mapa contendo as delimitações dos compartimentos topomorfológicos está apresentado na Figura 5.1.

A curva altimétrica de 1.100 metros foi utilizada para a delimitação do primeiro compartimento, uma vez que, a mesma, define zonas morfo-estruturais diferenciadas.

Assim, o **compartimento superior** é representado pelas maiores altitudes e declividades da sub-bacia. Predominam nesta zona vertentes retilíneas e convexas e vales em V. As altas declividades definem a redução do manto de intemperismo com consequente exposição de paredões de rochas ao longo das vertentes.

O **compartimento médio**, situado entre a curva de 1.100 e a de 900m, ocupa a porção central da sub-bacia. Essa área marca a presença de vertentes côncavas e convexas e topos alongados e reduzidos lateralmente comportando-se como espigões que avançam perpendicularmente à direção da drenagem principal, rumo ao interior da sub-bacia. Ocorrem também topos restritos, fruto de antiga superfície erosiva. A ocorrência de uma planície suspensa, formando um pequeno vale atrelado à drenagem principal, confirma a importância do elemento estrutural na conformação da sub-bacia.

O **compartimento baixo** foi individualizado a partir do alinhamento pertencente à zona de cisalhamento transcorrente sinistral de Maria da Fé, já que a mesma acabou repercutindo no alinhamento da drenagem e na movimentação do relevo, e consequentemente, na conformação da paisagem. Assim, o compartimento baixo revela um relevo mais suave, com altitudes menores de 900 m, não excluindo, porém, topos isolados alçados a mais de 1000 m. Aparecem também, assim como no compartimento médio, espigões que avançam para o interior da sub-bacia findando-se junto à planície de inundação do canal principal. Anfiteatros são comuns e apresentam rampas de colúvio em contato com o fundo dos vales, fruto da evolução regressiva do modelado a partir do reajuste das drenagens ante as modificações dos níveis de base locais e regionais, decorrentes da atuação neotectônica e/ou da regressão do nível dos oceanos durante os últimos máximos glaciais.

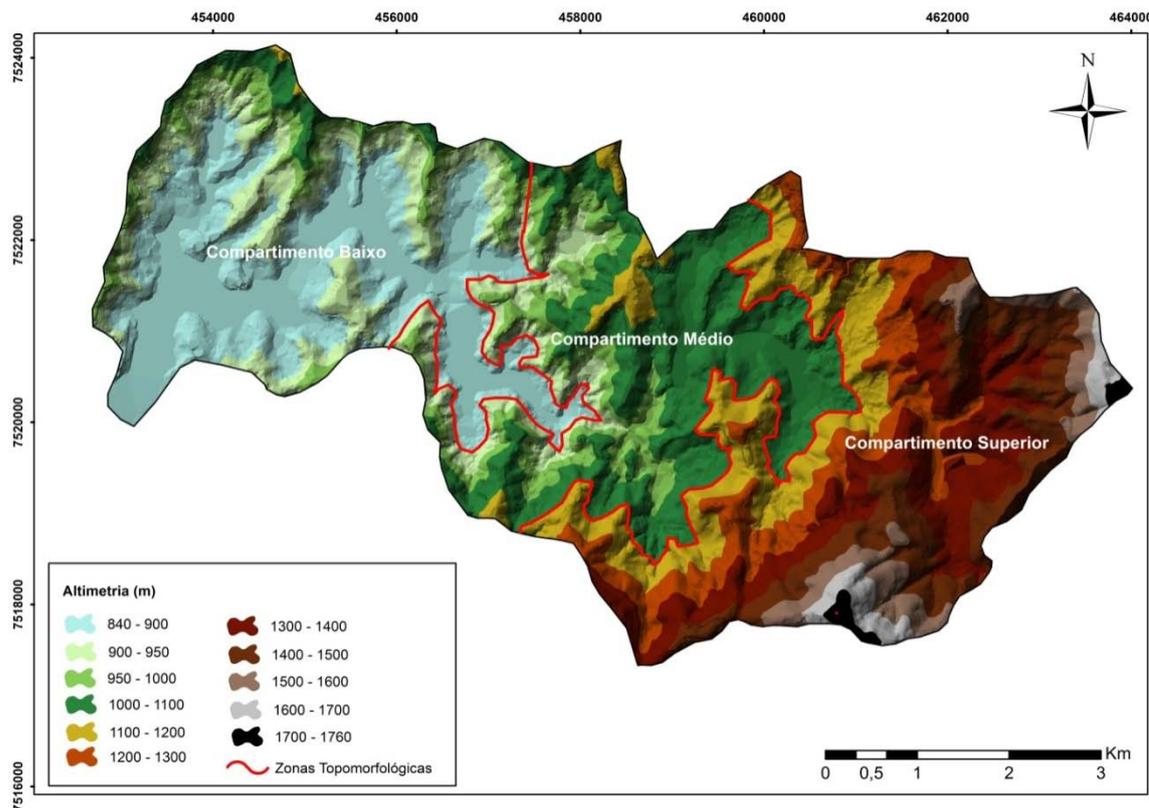


Figura 5.1. Classes de altitude com as zonas topomorfológicas da sub-bacia do ribeirão José Pereira.

5.2. Meio Físico das Catenas

Os perfis de solos foram coletados em catenas, na sua maioria, em quatro pontos do relevo. No topo, corresponde ao ponto mais alto da paisagem, ou seja, o divisor de águas, situa-se nas cotas de 1010 a 1456 m (T2 e T6 respectivamente), e está em uma posição com declividade menor que 15,7%. Por conta de sua conformação que lhe confere estabilidade, supõe-se que os solos sejam autóctones.

O segundo e o terceiro segmentos das catenas estão na encosta, terço superior e terço inferior, que se inicia a partir das bordas do topo, apresentando configuração inclinada (até 41,7%), em direção aos cursos d'água principais, sendo originado pela dissecação do topo e por ciclos de erosão, ou mesmo locais de preenchimento de erosão. Portanto os solos podem incluir componentes erosionais e deposicionais.

A área de planície se encaixa nos fundos dos vales, apresentando as menores altitudes (863 a 1097 m), onde a conformação topográfica permite acúmulo de água durante boa parte do ano, sendo o ambiente de caráter deposicional, gerando predominantemente solos hidromórficos.

Observa-se nas Tabelas 5.1 e 5.2, que o uso preponderante nos locais das catenas é a pastagem, atividade bem comum na sub-bacia, ou pasto abandonado. Como consequência, a cobertura vegetal



mais encontrada na sub-bacia foi de gramíneas, principalmente *Brachiaria sp.*, na presença de muitas ervas, com exceção para a maioria dos pontos de topo, ocorrendo o estabelecimento de arbustos e até algumas árvores. Salton *et al.* (2008) observaram diferenças negativas nas propriedades do solo quando comparou-se áreas pastejadas à campos nativos.

Foi possível observar, em campo, que grande parte dos pastos encontra-se em estágio de degradação, resultado da relação relevo acentuado com uso inadequado do solo, reflexo principalmente do desconhecimento de práticas de manejo. Autores como Conte *et al.* (2011) e Bertol *et al.* (1998), verificaram alteração nos atributos do solo em pastagem natural de acordo com o manejo que lhe é dado. Foi comum encontrar na sub-bacia erosão laminar e até mesmo em sulcos, de ligeira a moderada, principalmente nos locais de declividade maior que 45%, área de preservação permanente, segundo a Resolução CONAMA n° 303 de 2002. A erosão é um importante fator na modelagem do relevo, porém quando esta é intensificada pelas atividades antrópicas seus resultados, principalmente quanto a assoreamento e poluição de corpos d'água, se dão de forma muito agressiva, resultando em diminuição da qualidade da água e aumento dos casos e intensidade de enchentes, bem comuns na presente sub-bacia.

De acordo com as Tabelas 5.1 e 5.2, nos perfis abertos não houve contato com o saprólito e nem com a rocha, com exceção do ponto 1 da catena 2 (T2-P1) que houve contato saprolítico próximo aos primeiros 50 cm do perfil do solo, o que não caracteriza como impedimento permanente à instalação de vegetação, já que o saprólito é relativamente brando e permite o crescimento das raízes de algumas espécies vegetais. Os solos apresentam-se, no geral, bem drenados, exceto aqueles de planície, cujo intenso recebimento de água e baixa profundidade do lençol freático em relação à superfície, condicionam caráter hidromorfo a estes solos. A maioria dos perfis de terço superior e inferior teve profundidade efetiva maior que 150 cm. A catena 6 foi a de mais difícil acesso e a que teve maior altitude (1456 m) e uma amplitude altimétrica de quase 400 m.



Tabela 5.1. Características gerais das catenas 1 a 4 da sub-bacia José Pereira, Itajubá/MG.

Perfis	Coordenadas 23 K UTM	Altitude	Profundidade Aberta - Efetiva	Declividade	Posição encosta
	-----m-----		---cm---	%	
T1-P1	454118, 7524062	1116	50 – 60	0,0	topo
T1-P2	454086, 7523858	1012	210 – 210	35,0	terço superior
T1-P3	454042, 7523463	911	210 -210	28,0	terço inferior
T1-P4	454010, 7523010	876	88 (água) - 125	0,0	planície
T2-P1	456354, 7522787	1010	10 – 50	0,0	topo
T2-P2	456236, 7522578	963	205 – 205	36,0	terço superior
T2-P3	456037, 7522496	894	207 – 207	15,1	terço inferior
T2-P4	455749, 7522293	863	68 (água) – 90	0,0	planície
T3-P1	458502, 7521513	1195	110- 110	15,7	topo
T3-P2	458327, 7521677	1078	155 - 155	38,5	terço superior
T3-P3	458052, 7521776	978	120 – 190	41,7	terço inferior
T3-P4	457961, 7521889	943	130 (água)– 130	18,3	planície
T4-P1	457676, 7520698	1015	170 -170	7,9	topo
T4-P2	457525, 7520605	947	180 – 180	10,6	terço superior
T4-P3	457365, 7520556	890	155 – 155	13,0	terço inferior
T4-P4	457340, 7520421	867	60 (água) - 75	0,0	planície

Perfis	Vegetação	Uso do Solo	Saprolito/lítico	Drenagem	Erosão forma, classe
T1-P1	gramíneas e arbustos	pastagem	sem	bem	não aparente
T1-P2	Gramíneas	pastagem	sem	bem	laminar, ligeira
T1-P3	gramíneas e arvoretos	pastagem	sem	bem	laminar, ligeira
T1-P4	Gramíneas	beira de estrada	sem	mal	não aparente
T2-P1	gramíneas e ervas	pastagem suja	com	moderada	não aparente
T2-P2	gramíneas e ervas	pastagem suja	sem	acentuada	sulcos, moderada
T2-P3	gramíneas e ervas	pastagem suja	sem	bem	não aparente
T2-P4	Gramíneas	pastagem	sem	mal	laminar, ligeira
T3-P1	vegetação secundária	vegetação	sem	bem	não aparente
T3-P2	Gramíneas	pastagem	sem	bem	laminar, ligeira
T3-P3	gramíneas e arbustos	pastagem	sem	bem	sulcos, ligeira
T3-P4	Gramíneas	pastagem	sem	mal	não aparente
T4-P1	gramíneas e ervas	pastagem suja	sem	bem	não aparente
T4-P2	Gramíneas	pastagem	sem	bem	laminar, ligeira
T4-P3	Gramíneas	pastagem	sem	bem	laminar, moderada
T4-P4	Gramíneas	pastagem	sem	mal	não aparente

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8: catenas em ordem de distribuição de oeste à leste da sub-bacia.

P1, P2, P3 e P4: perfis em ordem de distribuição do alto à baixa catena.



Tabela 5.2. Características gerais das catenas 5 a 8 da sub-bacia José Pereira, Itajubá/MG.

Perfis	Coordenadas 23 K UTM	Altitude	Profundidade Aberta - Efetiva	Declividade	Posição encosta
	-----m-----		---cm---	%	
T5-P1	459400, 7522244	1145	120 – 120	0,00	topo
T5-P2	459485, 7522149	1116	110 – 110	23,7	terço superior
T5-P3	459495, 7522087	1096	120 – 120	40,0	terço inferior
T5-P4	459573, 7522083	1055	70 (água) - 90	10,4	planície
T6-P1	459167, 7517645	1456	116 – 116	13,7	topo
T6-P2	458747, 7517575	1296	170 – 170	38,8	vale suspenso
T6-P3	458694, 7518484	1105	200 – 200	40,5	terço médio
T6-P4	458805, 7518635	1064	215 – 125	39,0	terço inferior
T7-P1	461006, 7519484	1363	100 - 100	13,1	topo
T7-P2	461076, 7519691	1240	180 – 180	29,0	terço superior
T7-P3	460744, 7520055	1116	190 – 190	33,8	terço inferior
T7-P4	460489, 7520157	1049	70 (água) – 95	0,0	planície
T8-P1	461335, 7520753	1252	136 – 136	15,4	topo
T8-P2	461215, 7520789	1212	200 – 200	22,7	terço superior
T8-P3	460797, 7520623	1097	170 - 170	28,8	terço inferior

Perfis	Vegetação	Uso do solo	Saprolito/lítico	Drenagem	Erosão forma, classe
T5-P1	braquiária	pastagem	sem	bem	não aparente
T5-P2	braquiária	pastagem	sem	bem	laminar, moderada
T5-P3	braquiária	pastagem	sem	bem	laminar, ligeira
T5-P4	capim de égua	pastagem	sem	mal	não aparente
T6-P1	gramíneas	pastagem	sem	bem	não aparente
T6-P2	gramíneas	pastagem	sem	bem	laminar, ligeira
T6-P3	gramíneas	pastagem	sem	bem	sulcos, moderada
T6-P4	gramíneas	pastagem	sem	bem	sulcos, moderada
T7-P1	arbustos e árvores	vegetação	sem	bem	não aparente
T7-P2	gramíneas	pastagem	sem	bem	laminar, ligeira
T7-P3	gramíneas	pastagem	sem	bem	sulcos, moderada
T7-P4	gramíneas	pastagem	sem	mal	não aparente
T8-P1	gramíneas	pastagem	sem	bem	não aparente
T8-P2	gramíneas	pastagem	sem	moderada	laminar, ligeira
T8-P3	gramíneas	pastagem	sem	bem	sulcos, moderada

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8: catenas em ordem de distribuição de oeste à leste da sub-bacia.

P1, P2, P3 e P4: perfis em ordem de distribuição do alto à baixa catena.

A distribuição das catenas, de acordo com a Figura 5.2 e 5.3 permite observar que estas abrangeram boa parte da sub-bacia, estando presentes em diversas classes de altimetria e declividade, e foram dispostas em diferentes vertentes.

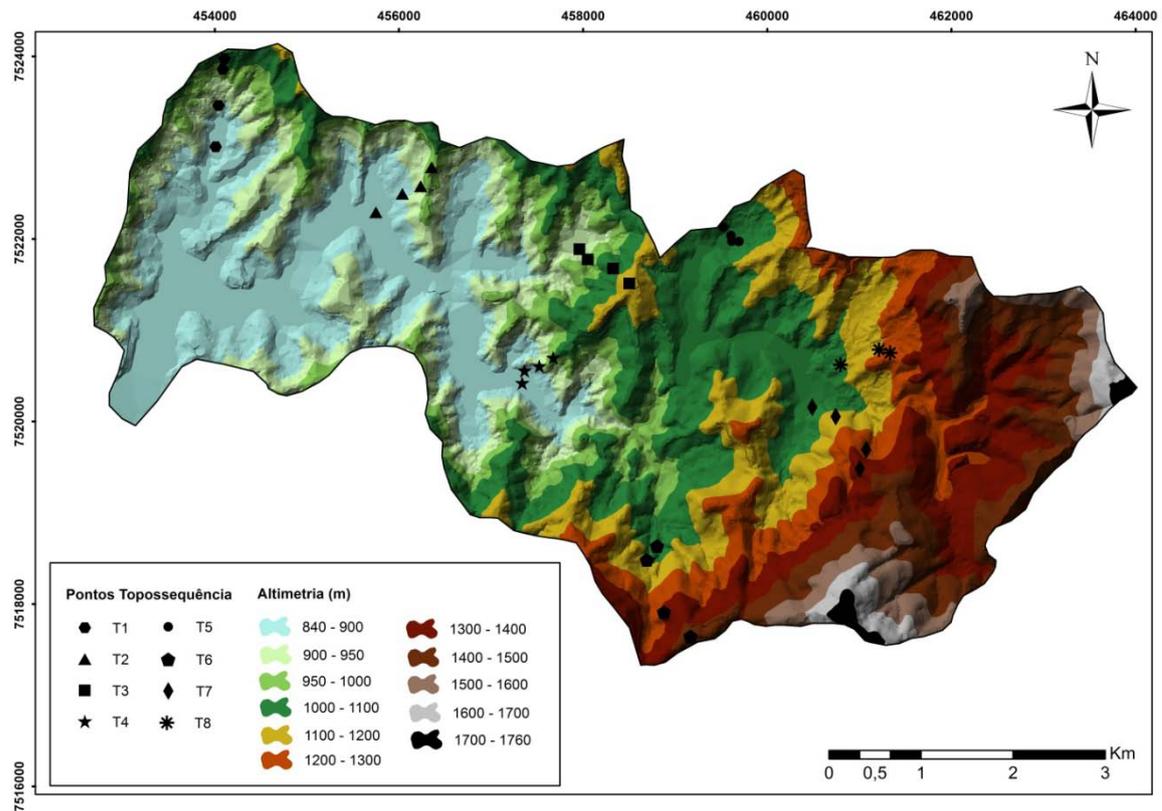


Figura 5.2. Mapa hipsométrico com as catenas selecionadas na sub-bacia do ribeirão José Pereira.

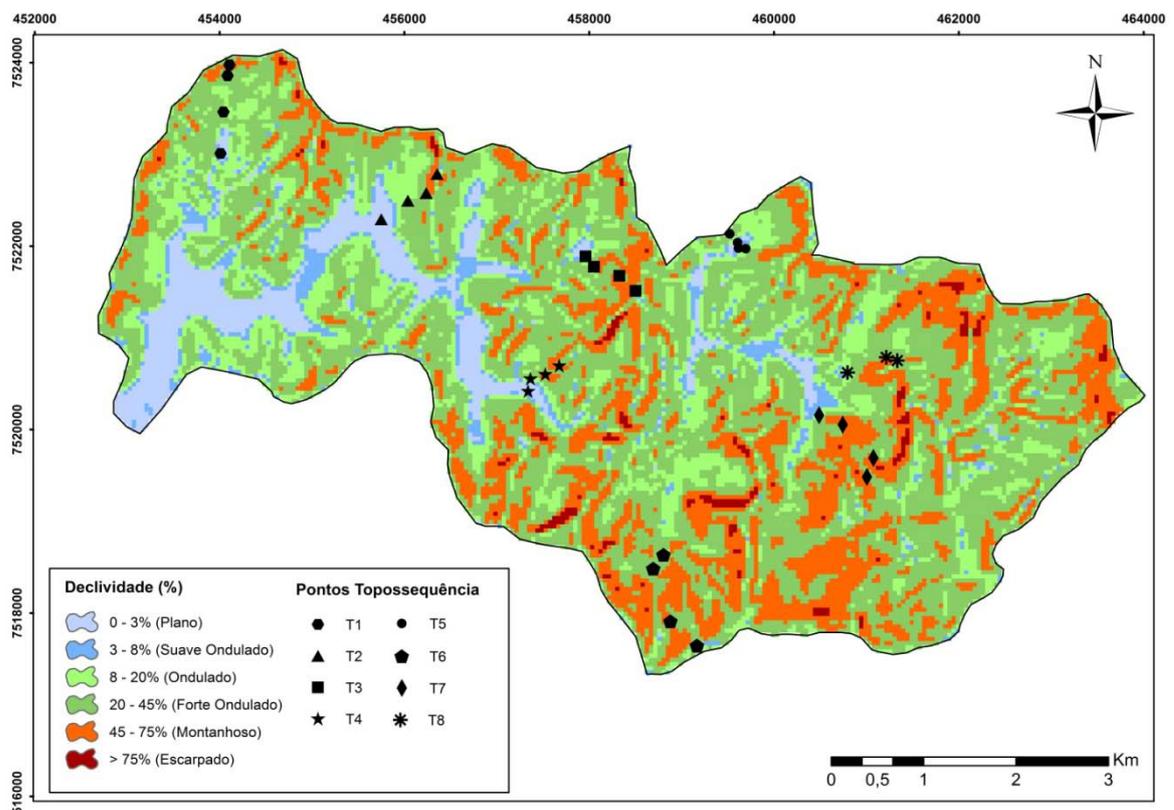


Figura 5.3. Mapa de declividade com as catenas selecionadas na sub-bacia do ribeirão José Pereira.



5.3. Perfis de Solos

Nas Tabelas 5.3 a 5.18 são apresentadas as características morfológicas e físicas dos perfis de solo, e nas Tabelas 5.19 a 5.22 as características químicas. A partir dessas tabelas foi possível classificar os solos até o quarto nível categórico de acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2009).

✓ Catena 1

Situa-se no bairro Pinheirinho, em uma fazenda de gado leiteiro com baixa utilização. A forma de relevo predominante é côncava-convexa, e se insere num dos pontos mais altos do baixo compartimento topomorfológico (Figura 5.1). Atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos desta catena aparece nas Tabelas 5.3, 5.4 e 5.19, respectivamente. A distribuição dos perfis de solos ao longo da Catena 1 está representada na Figura 5.8, e os perfis de cada solo estão nas Figuras 5.4 a 5.7.

Tabela 5.3. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 1, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Cerosida de ⁽¹⁾	Cor úmida	Classe textural ⁽²⁾	Raízes ⁽³⁾	Transição ⁽⁴⁾	Estrutura ⁽⁵⁾	Consistência ⁽⁶⁾
	cm				%			
T1-P1: Cambissolo Háptico Tb eutrófico típico, A moderado								
A	0 - 10	sem	10YR 3/3	fr-argilosa	md a gro,po	gr, pla	mod, pq, gran	dr, fri, pla, l.peg
Bi	10 - 40	sem	7,5YR 3/3	fr-argilosa	md, po	cl, irre	mod, pq, b.sub	m.dr, fri, pla, l.peg
C	40 - 60 ₊	sem	7,5YR 3/4	franca	sem	-	fr, pq, b.sub	dr, fi, l.pla, l.peg
T1-P2: Argissolo Vermelho-Amarelado eutrófico típico, A proeminente								
A	0 - 25	sem	5YR 3/3	franca	md, mt	gr, pla	fo, md a gr, gran	l.dr, fri, pla, n.peg
BA	25 - 55	sem	5YR 3/4	fr-argilosa	md, mt	cl, pla	fo, pq a md, b.sub	dr, fri, pla, l.peg
Bt ₁	55 - 75	fo, ab	5YR 4/6	fr-argilosa	md, co	cl, pla	mod, pq a md, b.sub	dr, fri, l.pla, l.peg
Bt ₂	75 - 210 ₊	mod, co	5YR 4/6	argila	md, co	-	mod, pq, b.sub	m.dr, fri, l.pla, n.peg
T1-P3: Latossolo Amarelo distrófico típico, A moderado								
A	0 - 10	sem	7,5YR 3/4	franca	md, co	gr, on	mod, md, gran	dr, fri, pla, l.peg
AB	10 - 20	sem	7,5YR 4/6	fr-argilosa	fin a md, po	cl, pla	fr, pq, gran	l.dr, m.fri, pla, l.peg
Bw ₁	20 - 60	sem	7,5YR 4/6	fr-argilosa	fin a md, ra	gr, pla	mod, pq, b.sub	m.dr, fri, l.pla, l.peg
Bw ₂	60 - 210 ₊	fr, po	7,5YR 5/6	argila	fin a md, ra	-	mod, md, b.sub	m.dr, fi, l.pla, l.peg
T1-P4: Gleissolo Háptico Td distrófico típico, A moderado								
A	0 - 5	sem	10YR 3/3	franca	md, po	di, irre	mod, pq, gran	ma, m.fri, l.pla, l.peg
Cg ₁	5 - 80	sem	10YR 5/2*	franca	md, po	cl, irre	-	dr, fri, pla, l.peg
Gg ₂	80-125 ⁺	sem	2,5Y 5/1*	fr-siltosa	sem	-	-	-

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; ⁽¹⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ po: pouca, co: comum, ab: abundante. ⁽²⁾ fr-argilosa: franco-argilosa, fr-siltosa: franco-siltosa, fr-arenosa: franco-arenosa, fr-arg-aren: franco-argilo-arenosa. ⁽³⁾ mt fin: muito finas, fin: finas, md: médias, gro: grossas, mt gro: muito grossas / mt: muitas, co: comuns, po: poucas, ra: raras. ⁽⁴⁾ ab: abrupta, cl: clara, gr: gradual, di: difusa/ pla: plana, ond: ondulada, irre: irregular. ⁽⁵⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ m.pq: muito pequena, pq: pequena, md: média, gd: grande, m.gd: muito grande/ gran: granular, b.ang: blocos angulares, b.sub: blocos subangulares. ⁽⁶⁾ so: solta, ma: macia, l.dr: ligeiramente dura, dr: dura, m.dr: muito dura / m.fri: muito friável, fri: friável, fi: firme, m.fi: muito firme/ n.plas: não plástica, l.plas: ligeiramente plástica, plas: plástica, m.plas: muito plástica/ n.peg: não pegajosa, l.peg: ligeiramente pegajosa, peg: pegajosa, m.peg: muito pegajosa.

*mosqueados 7,5YR 5/8, comum, médio, proeminente

Tabela 5.4. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 1, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	S/A	IF	VTP	DS	DP
	cm	-----g Kg ⁻¹ -----				-----%-----		----Kg dm ⁻³ ----	
T1-P1: Cambissolo Háplico Tb eutrófico típico, A moderado									
A	0 - 10	349	299	352	0,85	86,4	55,3	1,18	2,83
Bi	10 - 40	299	309	392	0,79	81,0	51,1	1,30	2,54
C	40 - 60	477	350	173	2,03	74,6	51,0	1,34	2,62
T1-P2: Argissolo Vermelho-Amarelado eutrófico típico, A proeminente									
A	0 - 25	429	373	198	1,88	73,3	52,1	1,27	2,66
BA	25 - 55	343	376	281	1,34	75,4	46,4	1,32	2,46
Bt ₁	55 - 75	331	306	363	0,84	79,5	53,2	1,15	2,46
Bt ₂	75 - 210 ₊	238	346	417	0,83	92,0	56,0	1,17	2,66
T1-P3: Latossolo Amarelo distrófico típico, A moderado									
A	0 - 10	410	358	232	1,54	83,7	55,0	1,18	2,63
AB	10 - 20	385	305	311	0,98	84,0	49,7	1,32	2,51
Bw ₁	20 - 60	360	250	390	0,64	85,3	46,8	1,44	2,70
Bw ₂	60 - 210 ₊	285	276	440	0,63	97,6	49,5	1,28	2,53
T1-P4: Gleissolo Háplico Tb distrófico típico, A moderado									
A	0 - 5	392	491	116	4,22	75,3	45,2	1,30	2,38
Cg ₁	5 - 80	313	419	268	1,56	71,3	54,8	1,20	2,66
Cg ₂	80 - 125 ₊	228	558	214	2,61	81,1	-	-	2,63

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; S/A: relação silte/argila; IF: índice de floculação; VTP: volume total de poros; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula.

T1-P1: Cambissolo Háplico Tb eutrófico típico, textura argilosa, A moderado (Fig.5.4)



Figura 5.4. Perfil de Cambissolo Háplico.

Localiza-se no topo da encosta, possuindo declividade próxima à nula, erosão não aparente, boa drenagem, está a 1.116 m de altitude, e sua cobertura vegetal é de gramíneas com arbustos e algumas árvores ao redor. Solo com profundidade efetiva de 40 cm, presença de minerais primários intemperizáveis, nódulos de manganês e fragmentos rochosos em todo o perfil, com coloração bruno-escura e textura argilosa. O horizonte A moderado possui 10 cm de espessura, estrutura granular moderada de tamanho pequeno, e consistência dura quando seco, friável quando úmido, e plástica e ligeiramente pegajosa quando molhado.

O horizonte Bi tem 30 cm de espessura, relação S/A de 0,79, presença de poucas raízes, e sua estrutura é em blocos subangulares, pequenos e de grau moderado. A densidade do solo é menor no horizonte A, assim como a maior porcentagem de poros. O horizonte C possui textura franca e maior relação S/A, por ainda conservar propriedades do material de origem; a estrutura é fraca, e verifica-se ausência de raízes.

Quanto à caracterização química do perfil, Tabela 5.19, a acidez ativa foi de fraca à moderada, acidez potencial média, e acidez trocável muito baixa a baixa. O fósforo disponível é muito baixo a baixo, e saturação por alumínio é baixa. A soma de bases é boa a muito boa, a argila é de baixa atividade (Tb), e os valores de CTC efetiva e potencial são muito bons em A e bons em Bi. O teor de MOS é considerado bom e a saturação por bases é maior que 50%, portanto, solo eutrófico.

T1-P2: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico, textura argilosa e média, A proeminente (Fig.5.5)

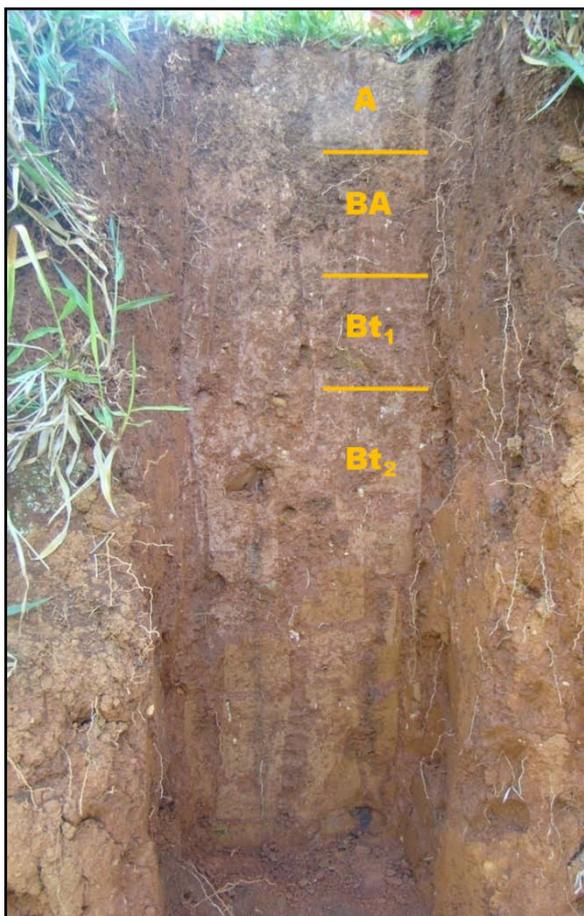


Figura 5.5. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.

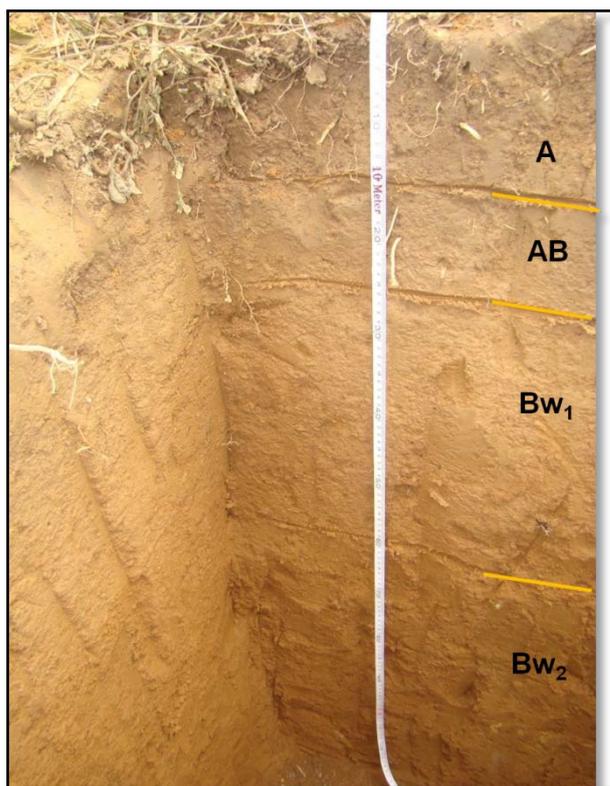
Situa-se no terço superior da encosta, numa altitude de 1.012 m, sob cobertura vegetal de gramíneas e atividade de pastagem, relevo forte ondulado (declividade de 35%), apresentando erosão laminar ligeira. A profundidade efetiva é maior que 200 cm, a drenagem é boa e verifica-se presença de fragmentos de rochas angulosas e arredondadas em todo o perfil. Horizontes A e BA com coloração bruno-avermelhado-escura, e vermelho-amarelado nos horizontes Bt, muitas raízes de diâmetro médio nos horizontes A e BA e raízes comuns no horizonte Bt, além da presença de minerais primários intemperizáveis a partir de Bt₁. Horizonte A é proeminente, com textura franca, estrutura forte granular de tamanho médio à grande, e transição para o horizonte BA clara e plana.



Horizontes Bt com cerosidade forte e abundante (Bt_1), e moderada e comum (Bt_2), estrutura moderada em blocos subangulares, de tamanhos pequenos e médios. A textura é argilosa e média, e consistência dura quando seco (Bt_1), muito dura (Bt_2), friável quando úmido, e ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa quando molhado (Bt_1) e não pegajosa (Bt_2).

Quimicamente o perfil apresenta, de acordo com a Tabela 5.19, acidez ativa moderada no horizonte A e fraca nos demais, acidez potencial foi de alta até baixa, reduzindo-se em profundidade, e acidez trocável muito baixa. P disponível e saturação por alumínio muito baixos. Predominam valores considerados bons de soma de bases, CTC efetiva e potencial, porém menor que 27 cmolc/dm^3 , caracterizando, assim, argila de baixa atividade (Tb). Saturação por bases média à boa, na maior parte acima de 50%, características de solo eutrófico, e MOS em médios teores no horizonte A e baixos nos demais.

T1-P3: Latossolo Amarelo distrófico típico, textura argilosa, A moderado (Fig.5.6)



Situado no terço inferior da encosta, em relevo forte ondulado (28% de declividade), com erosão laminar ligeira, bem drenado, altitude de 911 m, sob atividade de pastagem com cobertura de gramíneas e alguns arbustos. Profundidade efetiva maior que 210 cm, matiz 7,5YR, sendo a cor bruno-escuro no horizonte A e bruno-forte nos demais. A cerosidade só está presente em Bw_2 , mas é fraca e em pouca quantidade. A menor densidade do solo está no horizonte A, onde há maior VTP, com presença comum de raízes, já a maior densidade do solo é mais alta em Bw_1 ($1,44 \text{ kg/dm}^3$), o que possivelmente dificulta a penetração de raízes, já que essas se tornam raras.

Figura 5.6. Perfil de Latossolo Amarelo.

Horizontes A e AB com textura média, estrutura granular, sendo média e moderada em A e pequena e forte em AB, e transição para o Bw_1 clara e plana. Os horizontes Bw possuem estrutura em blocos subangulares de grau moderado, sendo pequenas em Bw_1 e médias em Bw_2 , e a consistência quando seco é muito dura, quando úmido é friável (Bw_1) e firme (Bw_2), e quando molhado é ligeiramente

plástica e ligeiramente pegajosa. Nos horizontes Bw, a relação silte/argila é próxima a 0,6, seus IF são altos e a textura é argilosa.

Quimicamente o perfil apresenta, de acordo com a Tabela 5.19, acidez ativa média, elevada apenas em AB, acidez potencial alta, média apenas em Bw₂, e acidez trocável de média à baixa, reduzindo em profundidade. Horizonte A com soma de bases, CTC efetiva e potencial com valores médios, saturações por bases e por alumínio baixas. Para os demais horizontes a soma e saturação por bases se encontram muito baixas, portanto solo distrófico. Por outro lado, a saturação por alumínio foi alta a muito alta, CTC efetiva baixa e muito baixa, potencial menor que 7 cmolc/dm³, assim argila de baixa atividade (Tb). A MOS reduziu em profundidade, variando de médios a baixos.

T1-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, textura média, A moderado (Fig.5.7)

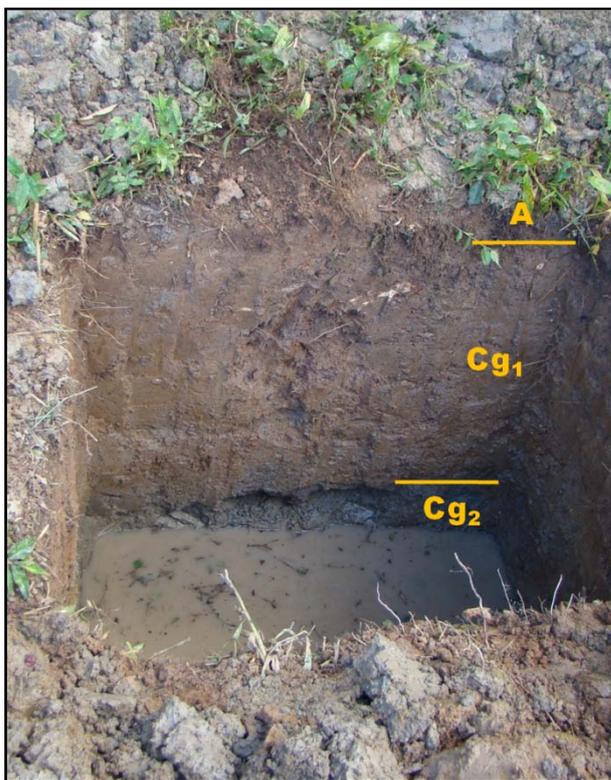


Figura 5.7. Perfil de Gleissolo Háptico.

Solo com presença de hidromorfismo, devido à disposição no relevo, planície com baixa declividade, mal drenado, e com presença de lençol freático a menos de 90 cm da superfície. Altitude de 876 m e sob cobertura de gramíneas. Horizonte A moderado, com apenas 5 cm de espessura, devido à remoção pela atividade antrópica, textura média, com baixa porcentagem de argila (12%) e coloração bruno-escura. Sua consistência quando seco é macia, quando úmido é muito friável e quando molhado é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, e a estrutura é granular, de grau moderado e tamanho pequeno. Raízes médias e poucas em A e Cg₁ e ausentes em Cg₂.

A transição para o horizonte glei é difusa e irregular. Horizontes gleis possuem textura média, e cor verde-acinzentada em Cg₁ e cinzenta em Cg₂, ambos com presença de mosqueados bruno-fortes (7,5YR 5/8) de quantidade comum, tamanho médio e contraste proeminente, devido aos processos de oxidação-redução dos compostos de ferro e manganês.

A caracterização química do perfil, conforme Tabela 5.19, expressa acidez ativa e potencial média, sendo essa última alta apenas em Cg₁. A soma de bases e CTC efetiva e potencial são classificadas como muito boas em A, médias em Cg₁ e boas em Cg₂. Valor de saturação por bases acima de 50% apenas em A, argila de baixa atividade (Tb) e MOS boa em A, diminuindo em profundidade até teores muito baixos.

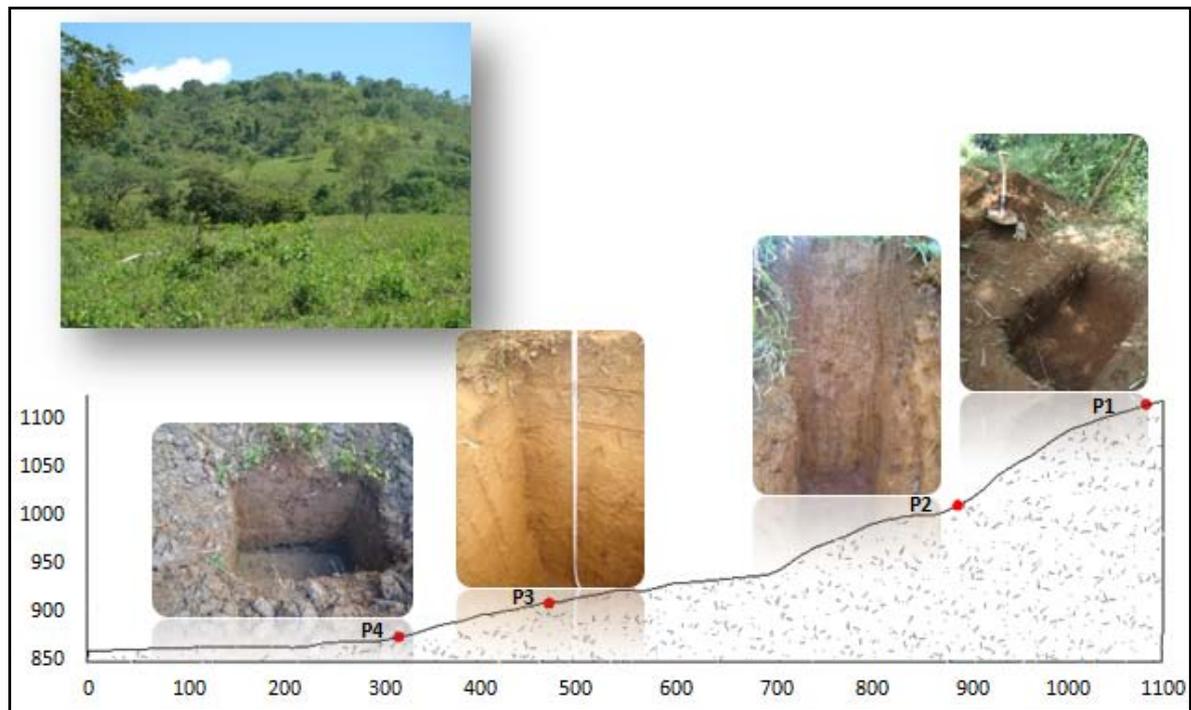


Figura 5.8. Distribuição dos perfis de solo na Catena 1.

De acordo com a distribuição dos solos da catena 1, apresentada na Figura 5.8, notou-se formação de solos jovens no topo, Cambissolo Háplico, que mesmo sob relevo plano, a posição na encosta gerou acentuada erosão e não permite seu envelhecimento, apresentando cerca de 40 cm de profundidade efetiva e presença de horizonte B incipiente. No terço superior, com maior declividade e fluxo lateral de água, ocorreu a formação de Argissolo Vermelho-Amarelo, com horizonte A proeminente; e no terço inferior o único Latossolo Amarelo da sub-bacia, ambos com profundidade efetiva maior que 200 cm. Tal disposição das classes de solo, menos evoluídos no topo e mais evoluídos nos ambientes de deposição, concorda com estudo de Martin *et al.* (2007). Na área de planície ocorreu o Gleissolo Háplico, com horizontes glei de cor verde-acinzentada e cinzenta, e com presença de mosqueados, típicos de áreas sujeitas a inundações periódicas. Houve o predomínio da textura franco-argilosa nos horizontes diagnósticos, sendo média para o Cg e argilosa para os demais. Quanto à fertilidade, os solos se classificam em eutrófico (topo e terço superior), e distrófico (terço inferior e planície), além disso, ocorreu o predomínio de horizonte A moderado nos perfis.



✓ CATENA 2

A catena 2 ocupa o baixo compartimento e está situada em área pertencente à UNIFEI, próximo a Prefeitura Municipal de Itajubá. Apenas em seu ponto mais baixo, planície, há presença constante de gado, nos demais é ocupada por pasto abandonado, com presença de arbustos. Os dados morfológicos, físicos e químicos dos solos dessa catena aparecem nas Tabelas 5.5, 5.6 e 5.19, respectivamente. A distribuição dos perfis de solos ao longo da Catena 2 está representada na Figura 5.13. e os perfis de cada solo estão nas Figuras 5.9 a 5.12.

Tabela 5.5. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 2, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof. cm	Cerosi- dade ⁽¹⁾	Cor Úmida	Classe textural ⁽²⁾	Raízes ⁽³⁾ %	Transi- -ção ⁽⁴⁾	Estrutura ⁽⁵⁾	Consistência ⁽⁶⁾
T2-P1: Neossolo Regolítico eutrófico típico, A moderado								
A	0 a 10	sem	10YR 3/3	fr-arenosa	po, fi	abru, irre	fr, pq, gran e b.sub	l.dr, fri, l.pla, l.peg
C	10 a 50	sem	7,5YR 5/8	argilo-arenosa	ra, fi	-	ma	m.dr, m.fri, l.pla, l.peg
T2-P2: Argissolo Vermelho distrófico latossólico, A moderado								
A	0 a 10	sem	2,5YR3/4	fr-argilosa	co, md	gr, pla	fo, pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
Bt₁	10 a 60	mod, co	5YR 3/4	Argila	co, md	di, pla	mod, pq a md, b.sub	dr, fi, l.pla, l.peg
Bt₂	60 a 80	mod, co	5YR 3/4	Argila	co, md	di, pla	mod, pq a md, b.sub	dr, fi, l.pla, l.peg
Bw	80 a 205 ⁺	sem	5YR 3/4	fr-argilosa	po, md	-	mod, m.pq, gran	m.dr, fi, l.pla, l.peg
T2-P3: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado								
A	0 a 10	sem	5YR 3/3	fr-argilosa	co, md	cl, pla	fo, pq, gran	l.dr, fri, pla, l.peg
AB	10 a 25	sem	5YR 4/3	fr-argilosa	po, md	gr, pla	mod, pq, gran	l.dr, fri, pla, l.peg
Bt₁	25 a 70	mod, co	5YR 4/4	Argila	po, md	gr, irré	mod, pq, b.sub	l.dr, fri, pla, peg
Bt₂	70 a 90	mod, co	5YR 4/6	Argila	pó, md	gr, irré	mod, pq, b.sub	ma, m.fri, pla, peg
Bw	90 a 207 ⁺	fr, co	5YR 4/6	Argila	pó, md	-	mod, pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
T2-P4: Gleissolo Melânico Tb distrófico típico, A proeminente								
A	0 a 20	sem	10YR 3/2	fr-arenosa	po, fi a md	cl, on	mod, pq, gran	l.dr, fi, l.pla, l.peg
Cg₁	20 a 46	sem	10YR 5/1*	Franca	po, fi a md	cl, irré	-	dr, fi, l.pla, l.peg
Cg₂	46 a 90 ⁺	sem	2,5Y 5/2**	fr-arenosa	ra, fi	-	-	-

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; ⁽¹⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ po: pouca, co: comum, ab: abundante. ⁽²⁾ fr-argilosa: franco-argilosa, fr-siltosa: franco-siltosa, fr-arenosa: franco-arenosa, fr-arg-aren: franco-argilo-arenosa. ⁽³⁾ mt fin: muito finas, fin: finas, md: médias, gro: grossas, mt gro: muito grossas / mt: muitas, co: comuns, po: poucas, ra: raras. ⁽⁴⁾ ab: abrupta, cl: clara, gr: gradual, di: difusa/ pla: plana, ond: ondulada, irre: irregular. ⁽⁵⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ m.pq: muito pequena, pq: pequena, md: média, gd: grande, m.gd: muito grande/ gran: granular, b.ang: blocos angulares, b.sub: blocos subangulares. ⁽⁶⁾ so: solta, ma: macia, l.dr: ligeiramente dura, dr: dura, m.dr: muito dura / m.fri: muito friável, fri: friável, fi: firme, m.fi: muito firme/ n.plas: não plástica, l.plas: ligeiramente plástica, plas: plástica, m.plas: muito plástica/ n.peg: não pegajosa, l.peg: ligeiramente pegajosa, peg: pegajosa, m.peg: muito pegajosa.

*mosqueados 7,5YR 5/6, comum, médio, proeminente

**mosqueados 10YR 5/6, pouco, médio, proeminente

Tabela 5.6. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 2, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	S/A	IF	VTP	DS	DP
	cm	-----g Kg ⁻¹ -----				-----%-----		-----Kg dm ⁻³ -----	
T2-P1: Neossolo Regolítico eutrófico típico, A moderado									
A	0 - 10	509	297	194	1,54	73,5	42,7	1,43	2,50
C	10 - 50	452	173	375	0,46	88,7	36,6	1,49	2,35
T2-P2: Argissolo Vermelho distrófico latossólico, A moderado									
A	0 - 10	396	277	326	0,85	75,8	47,8	1,35	2,59
Bt ₁	10 - 60	299	227	474	0,48	94,2	51,5	1,28	2,63
Bt ₂	60 - 80	268	259	474	0,55	96,8	55,6	1,14	2,47
Bw	80 - 205 ₊	306	296	398	0,74	96,9	59,6	1,15	2,64
T2-P3: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado									
A	0 - 10	422	222	355	0,63	72,6	53,8	1,25	2,60
AB	10 - 25	343	283	373	0,76	72,9	52,7	1,25	2,42
Bt ₁	25 - 70	312	133	556	0,24	79,6	51,3	1,30	2,38
Bt ₂	70 - 90	266	147	587	0,25	99,5	52,9	1,20	2,53
Bw	90 - 207 ₊	271	179	550	0,33	98,1	49,2	1,30	2,56
T2-P4: Gleissolo Melânico Tb distrófico típico, A proeminente									
A	0 - 20	611	218	171	1,28	60,7	50,8	1,31	2,60
Cg ₁	20 - 46	465	292	243	1,20	68,2	46,2	1,38	2,43
Cg ₂	46 - 90 ₊	560	263	177	1,48	68,0	-	-	2,60

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; S/A: relação silte/argila; IF: índice de flocculação; VTP: volume total de poros; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula.

T2-P1: Neossolo Regolítico eutrófico típico, textura média, A moderado (Fig.5.9)

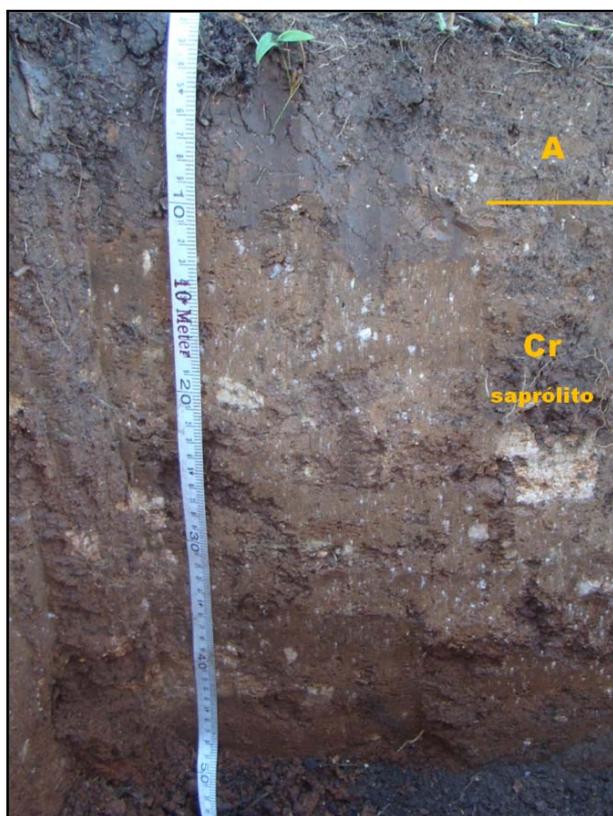


Figura 5.9. Perfil de Neossolo Regolítico.

Situa-se no topo da encosta, com declividade nula e relevo plano, altitude de 1.010 m, drenagem moderada e erosão não aparente, sob pasto abandonado coberto por gramínea e arbustos. Perfil com profundidade efetiva de 50 cm, ausência de horizonte B, transição abrupta e irregular do horizonte A ao C, devido principalmente à topografia, que faz com que a erosão seja mais expressiva que a pedogênese. Horizonte A moderado, de coloração bruno-escuro, estrutura fraca, de tamanho pequeno e em blocos subangulares e granular, e consistência quando seco ligeiramente dura, quando úmido friável e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Textura franco-arenoso em A e argilo-arenoso em C. Valores relativamente altos de densidade de solo (1,43 e 1,49, em A e C respectivamente) e baixos de VTP. Apresenta contato com o saprólito a pouca profundidade, sendo este menos resistente que a rocha, permite o enraizamento de algumas espécies de plantas, porém as raízes são finas, variando de poucas a raras, principalmente pela baixa disponibilidade de água.

Quimicamente, conforme Tabela 5.19, possui acidez ativa fraca, acidez potencial média e baixa (horizonte A e C respectivamente) e acidez trocável muito baixa. Valores baixos de P disponível e saturação por alumínio, e bons de soma de bases e capacidades de troca catiônicas. Saturação por bases acima de 50%, assim solo eutrófico, argila de baixa atividade (Tb), e MOS com valores médios (38 g/kg) em A e muito baixos (4 g/kg) no horizonte C.

T2-P2: Argissolo Vermelho distrófico latossólico, textura argilosa e média, A moderado

(Fig.5.10)

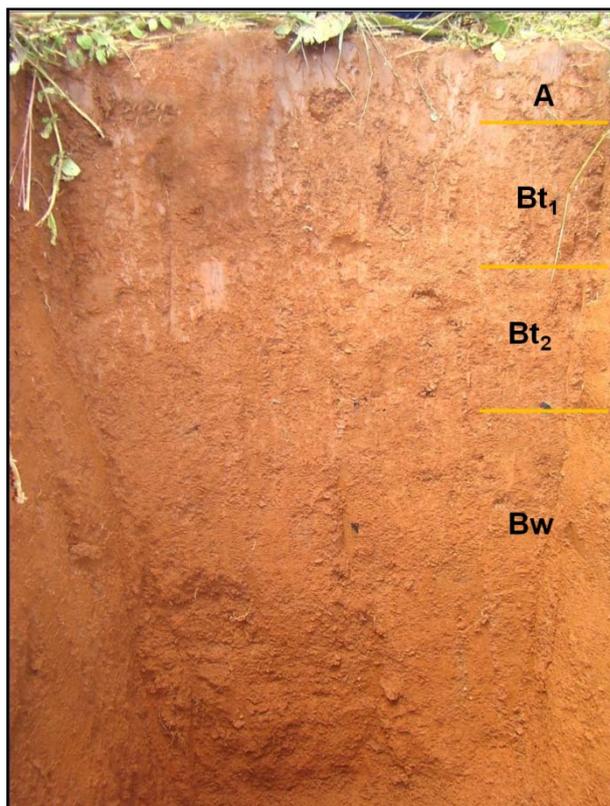


Figura 5.10. Perfil de Argissolo Vermelho.

Localiza-se no terço superior, em relevo forte ondulado (declividade de 36%), altitude de 963 m, sob pastagem abandonada, estando coberto por gramíneas e arbustos, com drenagem acentuada, e presença de erosão moderada e em sulcos. Profundidade maior que 200 cm, apresentando coloração úmida bruno-avermelhado-escuro em todo o perfil, com ocorrência de raízes médias e de presença comum, tornando-se poucas apenas em Bw. Horizonte A moderado com textura média, estrutura forte granular de tamanho pequeno, com transição para o Bw gradual e plana. Os horizontes B têm pouca diferenciação visual, apresentam transição difusa e plana, e a maioria possui relação silte/argila menor que 0,6 e alto IF (aproximadamente de 96%).

Os horizontes Bt possuem cerosidade moderada e comum, estrutura moderada em blocos subangulares, de tamanho pequeno a médio, textura argilosa, e consistência quando seco dura, quando

úmido firme, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. O horizonte Bw não possui cerosidade, sua estrutura é granular, de tamanho muito pequeno, e textura média.

Quanto às análises químicas, de acordo com a Tabela 5.19, identificou-se que, em geral, o perfil possui acidez ativa média, acidez potencial média e alta, e acidez trocável alta. A atividade da fração argila é baixa (Tb) e a soma de bases é baixa no horizonte A e muito baixa nos demais; a CTC efetiva é média em A, reduzindo-se em profundidade até muito baixa. Saturação por bases muito baixa, portanto solo distrófico, e alta e muito alta saturação por alumínio. MOS média em A, reduzindo-se em profundidade, até teores muito baixos em Bw.

T2-P3: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, textura argilosa, A moderado

(Fig.5.11)

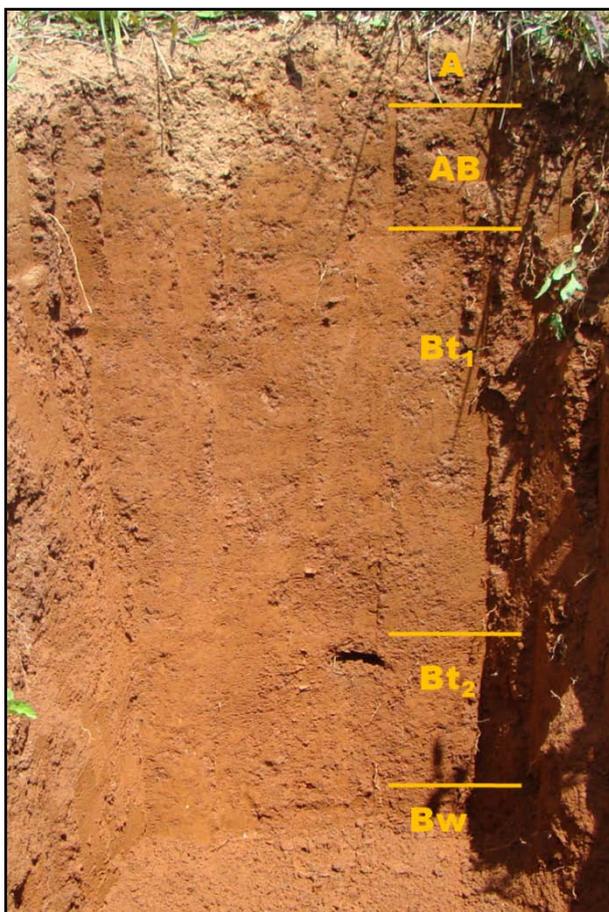


Figura 5.11. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.

Perfil disposto no terço inferior, em altitude de 894 m, relevo ondulado (declividade de 15%), erosão não aparente, sob pasto abandonado com presença de gramíneas e muitos arbustos. Solo com profundidade maior que 2 m, bem drenado, cor úmida com matiz 5YR, sendo que no horizonte A moderado a cor é bruno-avermelhado-escuro, em AB e Bt₁ é bruno-avermelhada, e em Bt₂ e Bw é vermelho-amarelada. Horizontes A e AB com estrutura granular de tamanho pequeno, sendo forte em A e moderada em AB, e textura média. As raízes são de diâmetro médio, de presença comum em A e poucas nos demais horizontes. A transição para AB é clara e plana, para Bt₁ gradual e plana e para os demais, gradual e irregular.

Horizontes Bt com cerosidade comum e moderada, textura argilosa, estrutura moderada em blocos subangulares e de tamanho pequeno, consistência quando seco é ligeiramente dura (Bt₁) e macia (Bt₂), quando úmido é friável (Bt₁) e muito friável (Bt₂), e quando molhado é plástica e pegajosa. Já o

horizonte Bw apresenta cerosidade fraca e comum, estrutura granular, em grau moderado e de tamanho pequeno, textura argilosa, e consistência quando seco ligeiramente dura, quando úmido muito friável, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Quimicamente o perfil apresenta, de acordo com a Tabela 5.19, acidez ativa média, acidez potencial média à alta e acidez trocável de alta à baixa. Soma de bases baixa em A e AB, e muito baixa nos demais horizontes; CTC efetiva (t) e MOS com valores médios em A, tornando-se baixos e muito baixos em profundidade. CTC potencial menor que 8 cmolc/dm^3 , portanto solo com argila de baixa atividade (T_b), e saturação por bases menor que 25% (baixa no horizonte A e muito baixa nos demais), caracterizando solo distrófico. Saturação por alumínio alta de AB até horizonte Bt_2 . MOS média em A, reduzindo-se em profundidade, até valores muito baixos em Bw.

T2-P4: Gleissolo Melânico T_b distrófico típico, textura média, A proeminente (Fig.5.12)

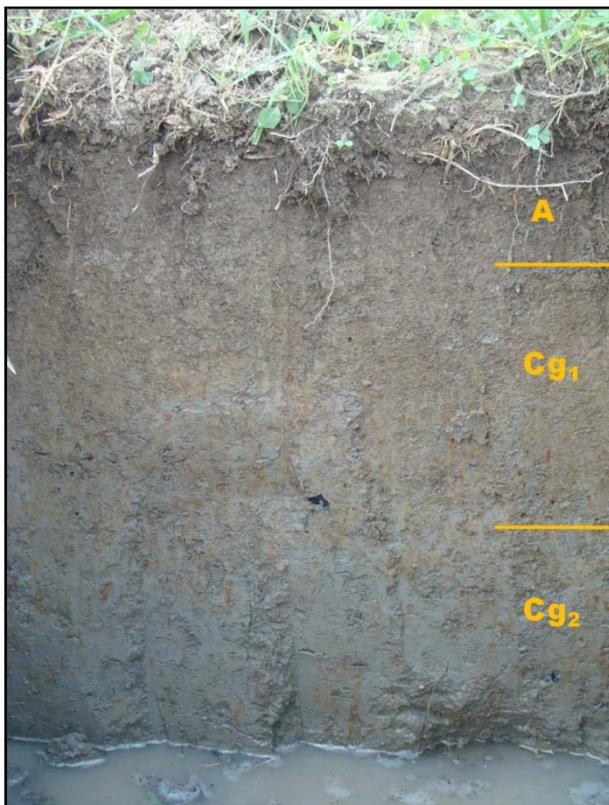


Figura 5.12. Perfil de Gleissolo Melânico.

Localizado na planície, com deficiência de drenagem e presença de lençol freático a menos de 70 cm da superfície, o que confere ao perfil intenso hidromorfismo. Sua altitude é de 863 m, estando sob pastagem e coberto por gramíneas, com presença de erosão laminar ligeira. Possui baixo índice de floculação e baixa quantidade de argila. Há presença de poucas raízes nos horizontes A e em Cg_1 , de diâmetro fino e médio, sendo raras em Cg_2 , provavelmente devido à limitação pelo excesso de água no período úmido. A transição para o horizonte glei é clara e ondulada, e entre os horizontes glei é clara e irregular.

Horizonte A proeminente, com 20 cm de espessura, cor bruno-avermelhado-escuro, textura franco-arenosa (média), com estrutura granular pequena e de grau moderado, e consistência quando seco ligeiramente dura, quando úmido firme, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Textura média para os Cg e cor variegada, em Cg_1 o fundo é cinzento com mosqueado bruno-forte (7,5YR 5/6) de ocorrência comum, tamanho médio e contraste proeminente, em Cg_2 o

fundo é bruno-acinzentado com mosqueados bruno-amarelados (10YR 5/6), sendo de tamanhos médios, em quantidade pouca, e contraste proeminente.

Quanto à caracterização química, conforme Tabela 5.19, o solo possui acidez ativa média, acidez potencial média e alta, e acidez trocável alta. A soma de bases foi muito baixa no horizonte A e baixa nos demais, estando a MOS em baixa concentração em todo o perfil. A CTC efetiva é baixa, sendo média apenas em Cg₁, argila de baixa atividade ($T_b < 10 \text{ cmolc/dm}^3$), saturação por bases muito baixa e saturação por alumínio muito alta em todos os horizontes.

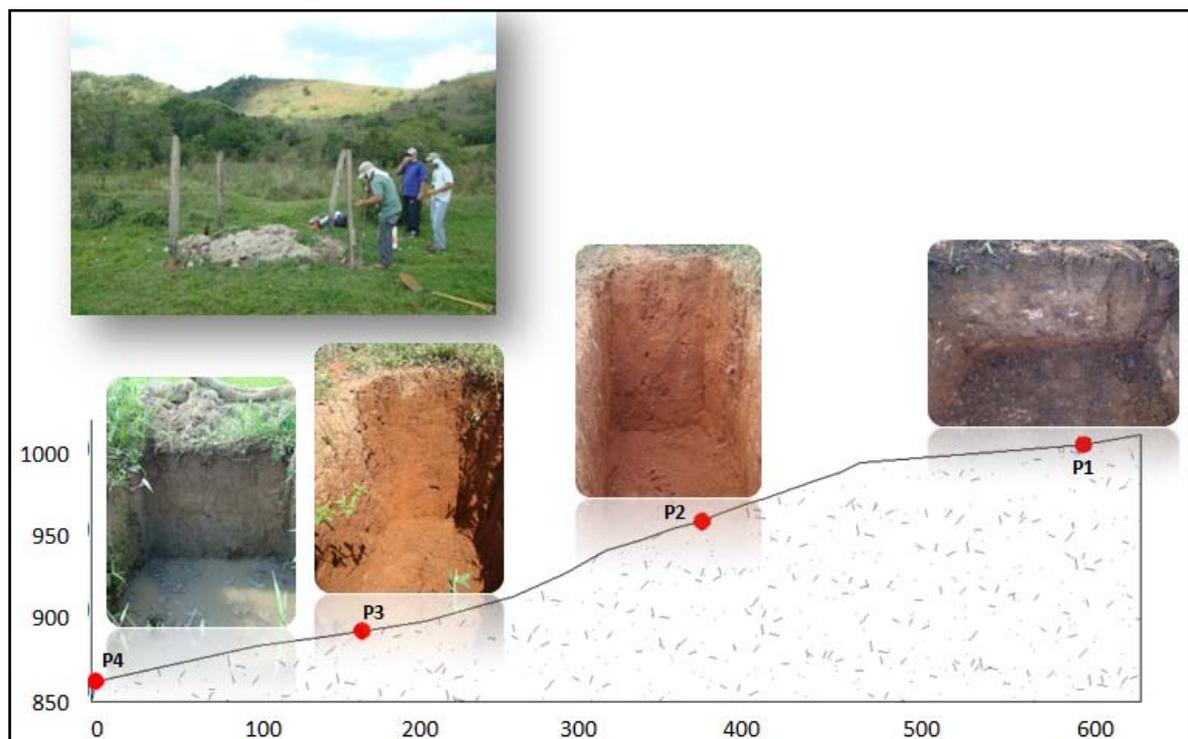


Figura 5.13. Distribuição dos perfis de solo na Catena 2.

Conforme a distribuição de solos da catena 2, Figura 5.13, ocorreu a formação de Neossolo Regolítico no topo, com ausência de horizonte B e intensa presença de minerais facilmente intemperizáveis no horizonte Cr. Terço superior e inferior com ocorrência de Argissolo, Vermelho e Vermelho-Amarelo respectivamente, ambos com profundidade efetiva maior que 200 cm, e com presença de horizonte Bw abaixo do Bt. Na área de planície ocorreu o Gleissolo Melânico, tendo horizonte A proeminente e horizonte Cg cinzento com mosqueados. Os perfis são distróficos, com excessão do Neossolo, por ainda conter muitos minerais facilmente intemperizáveis, a textura é média ou argilosa, e ocorre o predomínio do horizonte superficial A moderado. A distribuição de solos desta catena concorda com o modelo de Ruhe (1956), com solos menos evoluídos na alta vertente e mais espessos na média e baixa vertente.



✓ CATENA 3

A catena 3 está localizada no médio compartimento, em uma fazenda de gado, sendo que o primeiro ponto está em mata, sob vegetação secundária jovem, portanto, não sofre efeitos direto da atividade antrópica, e os pontos do terço superior e inferior estão sob atividade de pastagem. A caracterização morfológica, física e química dos solos dessa catena pode ser vista nas Tabelas 5.7, 5.8 e 5.20, respectivamente. A distribuição dos perfis de solos ao longo da Catena 3 está representada na Figura 5.18, e os perfis de cada solo estão nas Figuras 5.14 a 5.17.

Tabela 5.7. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 3, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Cerosidade ⁽¹⁾	Cor úmida	Classe textural ⁽²⁾	Raízes ⁽³⁾	Transição ⁽⁴⁾	Estrutura ⁽⁵⁾	Consistência ⁽⁶⁾
	cm				%			
T3-P1: Cambissolo Háptico Tb distrófico típico, A proeminente								
A	0 - 13	sem	10YR 2/2	fr-arg-aren	co, fi a md	gr, on	fo, m.pq a pq, gran	ma, fri, pla, l.peg
AB	13 - 23	sem	5YR 3/3	fr-argilosa	co, fi a md	cl, on	mod, md, gran	dr, m.fi, pla, l.peg
Bi	23 - 43	sem	5YR 4/4	fr-argilosa	co, fi	gr, pla	mod, pq, b.sub	m.dr, m.fi, pla, l.peg
BC	43 - 68	fr, po	2,5YR 4/8	fr-argilosa	po, fi	gr, pla	mod, pq, b.sub	m.dr, fi, l.pla, n.peg
C	68 - 110 ₊	sem	2,5YR 4/6	franca	ra, fi	-	maciça	l.dr, m.fri, n.pla, n.peg
T3-P2: Argissolo Vermelho eutrófico abrupto, A moderado								
A	0 - 10	mod, ab	5YR 3/3	fr-argilosa	mt, fi a md	gr, pla	fo, pq, gran	l.dr, fri, m.pla, l.peg
AB	10 - 20	mod, ab	2,5YR 4/4	fr-argilosa	mt, fi a md	cl, pla	fo, md, gran	dr, fi, l.pla, l.peg
Bt	20 - 90	fo, ab	2,5YR 3/4	argila	mt, fi a md	cl, pla	mod, md, b.ang	dr, fi, l.pla, l.peg
C	90 - 155 ₊	mod, co	2,5YR 3/6	fr-argilosa	co, fi a md	-	fr, pq, b.sub	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
T3-P3: Cambissolo Háptico Tb eutrófico típico, A moderado								
A	0 - 35	sem	5YR 4/3	fr-argilosa	co, fi a md	cl, pla	mod, pq, gran	dr, fi, l.pla, l.peg
Bi₁	35 - 65	fr, po	5YR 4/4	argila	co, fi a md	di, pla	mod, md, b.ang	m.dr, fi, l.pla, l.peg
BC	65 - 125	fr, po	2,5YR 4/6	fr-argilosa	po, fi a md	di, pla	mod, md a gr, b.ang	m.dr, fi, l.pla, l.peg
C	125 - 190 ₊	sem	5YR 4/6	fr-siltosa	ra, fi a md	-	fr, pq a md, b.ang	ma, fri, n.pla, l.peg
T3-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado								
A	0 - 15	sem	10YR 4/4	fr-arg-aren	co, fi a md	cl, on	mod, pq, gran	dr, fi, pla, l.peg
Big	15 - 90	sem	10YR 5/8*	fr-arg-aren	ra, fi a md	gr, on	mod, md, b.ang	ma, m.fri, l.pla, l.peg
Cg	90 - 130 ₊	sem	2,5Y 6/1**	fr-argilosa	sem	-	-	-

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; ⁽¹⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ po: pouca, co: comum, ab: abundante. ⁽²⁾ fr-argilosa: franco-argilosa, fr-siltosa: franco-siltosa, fr-arenosa: franco-arenosa, fr-arg-aren: franco-argilo-arenosa. ⁽³⁾ mt fin: muito finas, fin: finas, md: médias, gro: grossas, mt gro: muito grossas / mt: muitas, co: comuns, po: poucas, ra: raras. ⁽⁴⁾ ab: abrupta, cl: clara, gr: gradual, di: difusa/ pla: plana, ond: ondulada, irre: irregular. ⁽⁵⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ m.pq: muito pequena, pq: pequena, md: média, gd: grande, m.gd: muito grande/ gran: granular, b.ang: blocos angulares, b.sub: blocos subangulares. ⁽⁶⁾ so: solta, ma: macia, l.dr: ligeiramente dura, dr: dura, m.dr: muito dura / m.fri: muito friável, fri: friável, fi: firme, m.fi: muito firme/ n.plas: não plástica, l.plas: ligeiramente plástica, plas: plástica, m.plas: muito plástica/ n.peg: não pegajosa, l.peg: ligeiramente pegajosa, peg: pegajosa, m.peg: muito pegajosa.

*mosqueados 2,5Y 5/1, comum, pequeno + médio, proeminente.

**mosqueados 2,5YR 6/8 e 7,5YR 6/8, abundante, pequeno à grande, proeminente.



Tabela 5.8. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 3, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	S/A	IF	VTP	DS	DP
	cm	-----g Kg ⁻¹ -----				%		----Kg dm ⁻³ ---	
T3-P1: Cambissolo Háptico Tb distrófico típico, A proeminente									
A	0 - 13	453	253	294	0,86	67,6	59,15	1,02	2,52
AB	13 - 23	436	189	375	0,50	71,4	55,15	1,28	2,62
Bi	23 - 43	374	239	387	0,62	63,1	51,11	1,33	2,63
BC	43 - 68	315	321	365	0,88	76,6	64,42	0,96	2,70
C	68 - 110 ₊	368	402	230	1,75	94,7	52,24	1,36	2,71
T3-P2: Argissolo Vermelho eutrófico abrupático, A moderado									
A	0 - 10	350	289	361	0,80	72,2	51,3	1,30	2,56
AB	10 - 20	308	350	341	1,03	63,5	46,5	1,37	2,53
Bt	20 - 90	215	206	579	0,36	92,2	55,0	1,27	2,68
C	90 - 155 ₊	225	394	381	1,04	78,5	55,7	1,18	2,54
T3-P3: Cambissolo Háptico Tb eutrófico típico, A moderado									
A	0 - 35	362	298	340	0,88	55,7	51,0	1,30	2,55
Bi ₁	35 - 65	273	274	453	0,60	60,5	51,5	1,32	2,66
BC	65 - 125	301	368	331	1,11	96,6	49,9	1,32	2,57
C	125 - 190 ₊	278	568	154	3,69	63,6	48,5	1,32	2,70
T3-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado									
A	0 - 15	471	234	295	0,79	56,5	46,1	1,28	2,47
Big	15 - 90	499	251	251	1,00	93,5	48,2	1,43	2,51
Cg	90 - 130 ₊	378	245	376	0,65	75,5	47,4	1,38	2,57

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; S/A: relação silte/argila; IF: índice de floculação; VTP: volume total de poros; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula.

T3-P1: Cambissolo Háplico Tb distrófico típico, textura argilosa, A proeminente

(Fig.5.14)

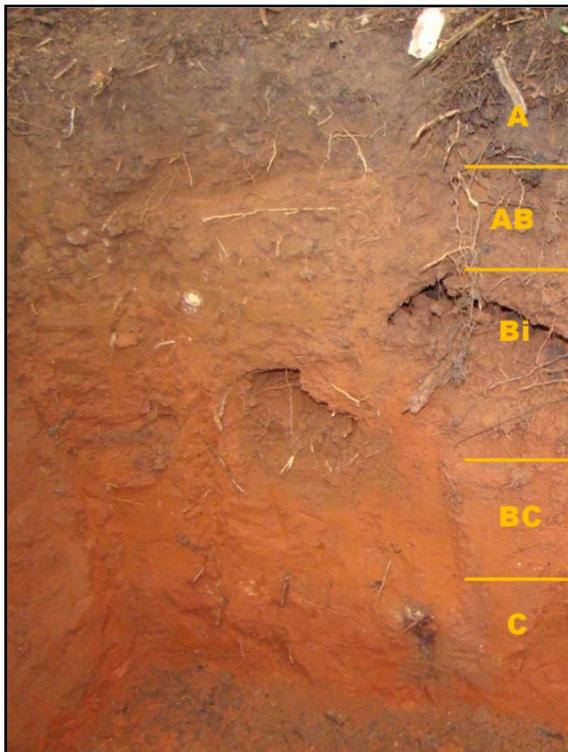


Figura 5.14. Perfil de Cambissolo Háplico.

Situa-se no topo em relevo ondulado (declividade de 16%), altitude de 1.195 m, estando sob vegetação secundária jovem, bem drenado e ausência de erosão aparente. Perfil com 68 cm até o horizonte C, pouca diferença entre os horizontes. Os horizontes superficiais possuem cor úmida bruno-muito-escura em A e bruno-avermelhado-escura em AB, consistência quando seco macia em A e dura em AB, quando úmido friável em A e muito firme em AB, e quando molhado plástica e ligeiramente pegajosa. A estrutura é granular, sendo forte muito pequena a pequena em A, e moderada e média em AB.

A transição para o Bi é clara e ondulada e gradual para os demais, e as raízes são finas a médias em presença comum, tornando-se poucas em BC e raras em C. Nos horizontes Bi e BC a relação S/A é maior que 0,6, a textura é argilosa, o IF é baixo, com estrutura moderada em blocos subangulares pequenos, e cor úmida é bruno-avermelhada (Bi) e vermelha (BC e C). A consistência de Bi é muito dura quando seco, muito firme quando úmido, plástica e ligeiramente pegajosa quando molhado. O horizonte C possui textura franca e maior relação S/A por manter características texturais semelhantes ao material de origem, e sua estrutura é maciça.

Quimicamente o perfil apresenta, conforme Tabela 5.20, acidez ativa moderada, sendo elevada apenas em AB, acidez potencial boa à média, valores de fósforo disponíveis muito baixos e argila de baixa atividade ($Tb < 15 \text{ cmolc/dm}^3$). MOS com valores considerados bons em A, diminuindo em profundidade até valores muito baixos. Horizonte A com valores de soma de bases muito bons, CTC efetiva e potencial bons, saturação por bases médio, teores de alumínio baixo e saturação por alumínio muito baixa. No geral, os demais horizontes possuem valores de alumínio médio a muito alto, soma de bases baixa, CTC efetiva média, saturação por alumínio alta, saturação por bases baixa a muito baixa, o que o caracteriza em solo distrófico.

T3-P2: Argissolo Vermelho eutrófico abrupto, textura argilosa, A moderado (Fig.5.15)

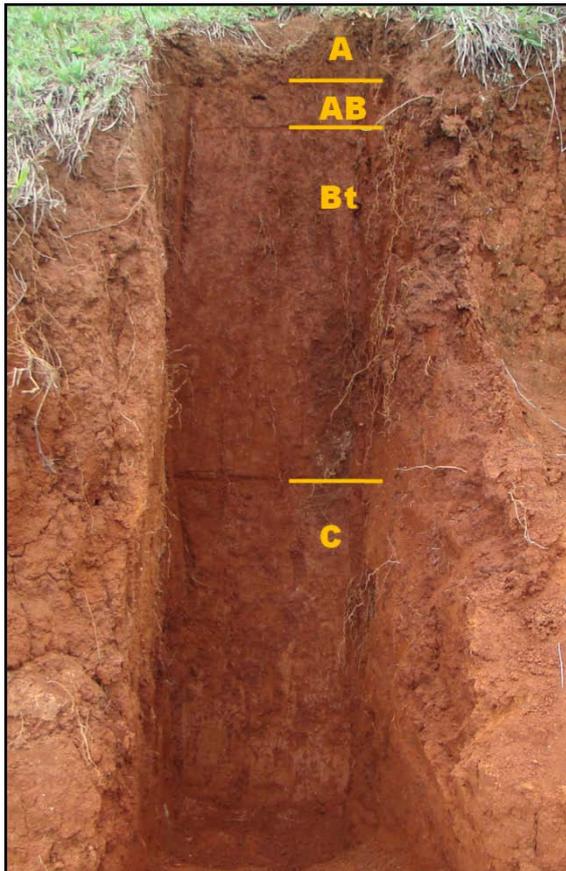


Figura 5.15. Perfil de Argissolo Vermelho.

Perfil posicionado no terço superior da encosta, com altitude de 1.078 m, em relevo forte ondulado (declividade de 39%), com erosão laminar em grau ligeira, sob atividade de pastagem e cobertura de gramíneas. Solo bem drenado, profundidade efetiva maior que 155 cm, relação textural Bt/A aproximadamente de 1,7, com incremento de argila no horizonte Bt caracterizando mudança textural abrupta, em todo o perfil houve presença de raízes, classificadas de muitas a comuns, de diâmetro fino a médio. Os horizontes A e AB possuem 20 cm de espessura, textura média, com estrutura granular forte, de tamanhos pequenos e médios. A cor é bruno-avermelhado-escura em A e bruno-avermelhada em AB. As transições para Bt e C são claras e planas.

A textura do horizonte Bt é argilosa, sua cor bruno-avermelhado-escura, cerosidade forte e abundante, estrutura média em blocos angulares de ocorrência moderada, e consistência quando seco dura, quando úmido firme, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Horizonte C com minerais primários intemperizáveis, textura franco-argilosa, e estrutura em blocos subangulares pequenos e fracos.

De acordo com a caracterização química, Tabela 5.20, o solo apresenta acidez ativa fraca, média apenas para AB, acidez potencial baixa à média, e acidez trocável muito baixa a baixa. No geral, o perfil apresenta boa soma de bases, CTC efetiva e potencial boas no horizonte A e média nos demais, saturação por bases boa à média, acima de 50%, caracterizando-o como eutrófico, saturação por alumínio muito baixa, argila de baixa atividade (Tb), e MOS média em A, decrescendo em profundidade até valores muito baixos.

Obs: identificação em campo de rocha máfica e teste por atração do material de solo pelo imã comprovada em laboratório, portanto apesar de não identificado no mapa de geologia (devido à escala), há intrusão de material máfico na bacia em estudo, influenciando na formação dos solos.

T3-P3: Cambissolo Háplico Tb eutrófico típico, textura argilosa e média, A moderado

(Fig.5.16)

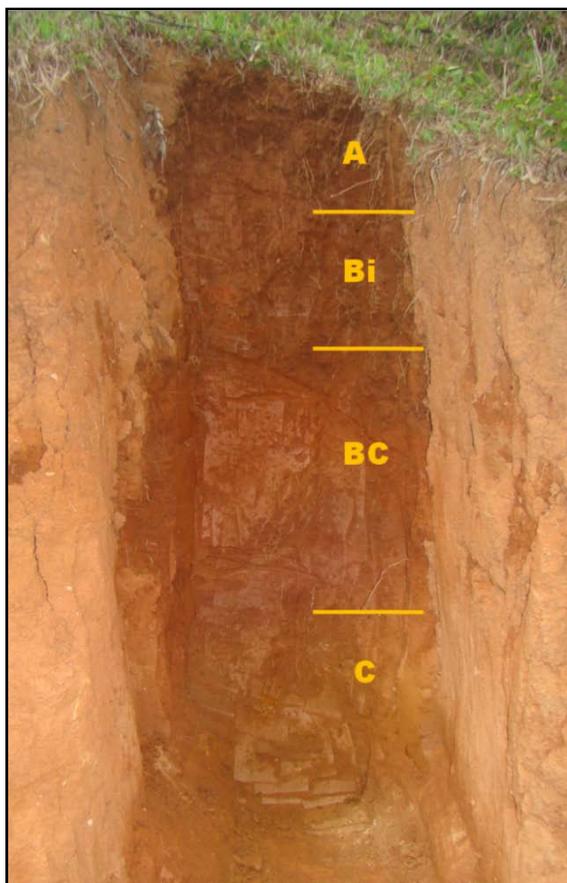


Figura 5.16. Perfil de Cambissolo Háplico.

Localiza-se no terço inferior da encosta a uma altitude de 978 m, em relevo forte ondulado (declividade de 42%), utilizado com pastagem e sob cobertura de gramíneas com arbustos, bem drenado e com erosão em sulcos de grau ligeiro. Solo com profundidade de 125 cm até o horizonte C, com presença de raízes finas a médias, sendo comuns em A e Bi, poucas em BC e raras em C. O horizonte A moderado tem textura franco-argilosa, cor bruno-avermelhada, estrutura granular, de tamanho pequeno, e consistência quando seco dura, quando úmido firme, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. A transição para o horizonte Bi é clara e plana, e para os demais é difusa e plana. O horizonte Bi tem textura argilosa, cor bruno-avermelhada, baixo IF e relação S/A de 0,6.

O horizonte BC tem textura média, cor vermelha, relação S/A de 1,1, tem em comum com Bi, cerosidade pouca e fraca, a consistência quando seco é muito dura, quando úmido é firme, e quando molhado é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, com estrutura moderada em blocos angulares de tamanho médio em Bi e médio a grande em BC. O horizonte C possui textura franco-siltosa, alta relação S/A, cor vermelho-amarelada, estrutura fraca, pequeno a médio, em blocos angulares, e consistência quando seco macia, quando úmido friável, e quando molhado não plástica e ligeiramente pegajosa.

Quimicamente o solo possui, conforme Tabela 5.20, acidez ativa fraca, média apenas em A, acidez trocável muito baixa, baixa apenas em A, e acidez potencial baixa à média. No geral, o perfil apresenta soma de bases e CTC efetiva e potencial médias, argila de baixa atividade (Tb), saturação por alumínio muito baixa, MOS média, diminuindo em profundidade até valores muito baixos, e saturação por bases baixa em A, mas média e muito boa nos demais, acima de 50%, portanto solo eutrófico.

T3-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, textura média, A moderado (Fig.5.17)

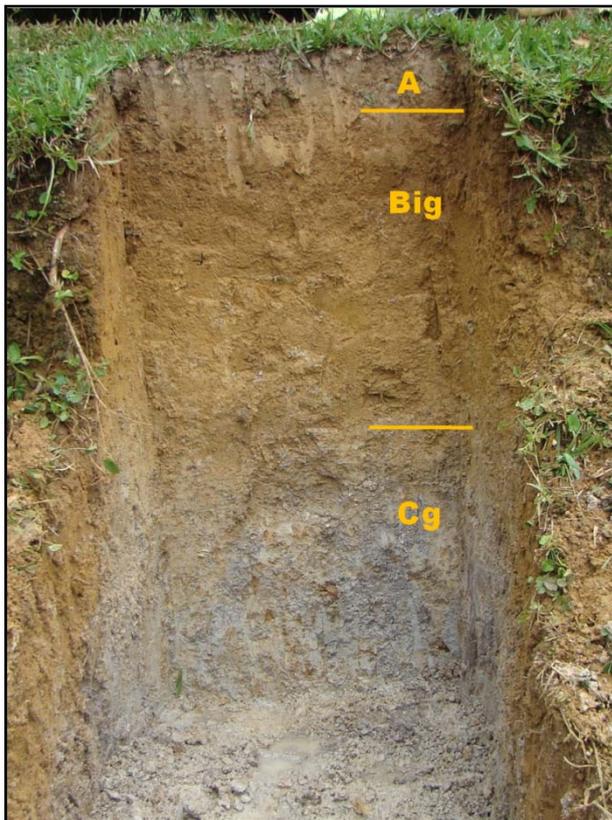


Figura 5.17. Perfil de Gleissolo Háptico.

Perfil localizado em relevo de planície, em altitude de 943 m, declividade de 18%, mal drenado, e presença de lençol freático a 130 cm da superfície. Seu uso é para pastagem, com cobertura de gramíneas. O horizonte A moderado tem espessura de 15 cm, cor bruno-amarelo-escuro, textura média, e estrutura granular pequena e moderada. Presença de raízes finas a médias comuns em A, raras em Big e ausentes em Cg. A transição para o Big é clara e ondulada, e para Cg gradual e ondulada. Horizonte Big com textura média, estrutura em blocos angulares, médios e de grau moderado, com consistência quando seco macia, quando úmido muito friável, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

O horizonte Cg possui textura argilosa e estrutura maciça. A cor é variegada em Big e Cg, tendo Big fundo bruno-amarelado e mosqueados de cor cinzenta, de presença comum, pequeno a médio, e contraste proeminente; e Cg possui fundo cinzento, com mosqueados amarelo-oliváceos e amarelo-avermelhados, abundantes, pequeno à grande, e contraste proeminente.

Quanto à caracterização química, Tabela 5.20, o solo possui acidez ativa e trocável baixa, média apenas para Big, e potencial baixa à média, e MOS média em A e muito baixa para os demais horizontes. A soma de bases, CTC efetiva e potencial são médias, exceção ao horizonte Big (muito baixa e baixa, respectivamente), argila de baixa atividade (Tb), saturação por bases muito baixa a média, saturação por alumínio muito baixa, alta apenas em Big. O horizonte Big se comporta quimicamente de forma anômala ao perfil, possivelmente porque este seja de origem alóctone.

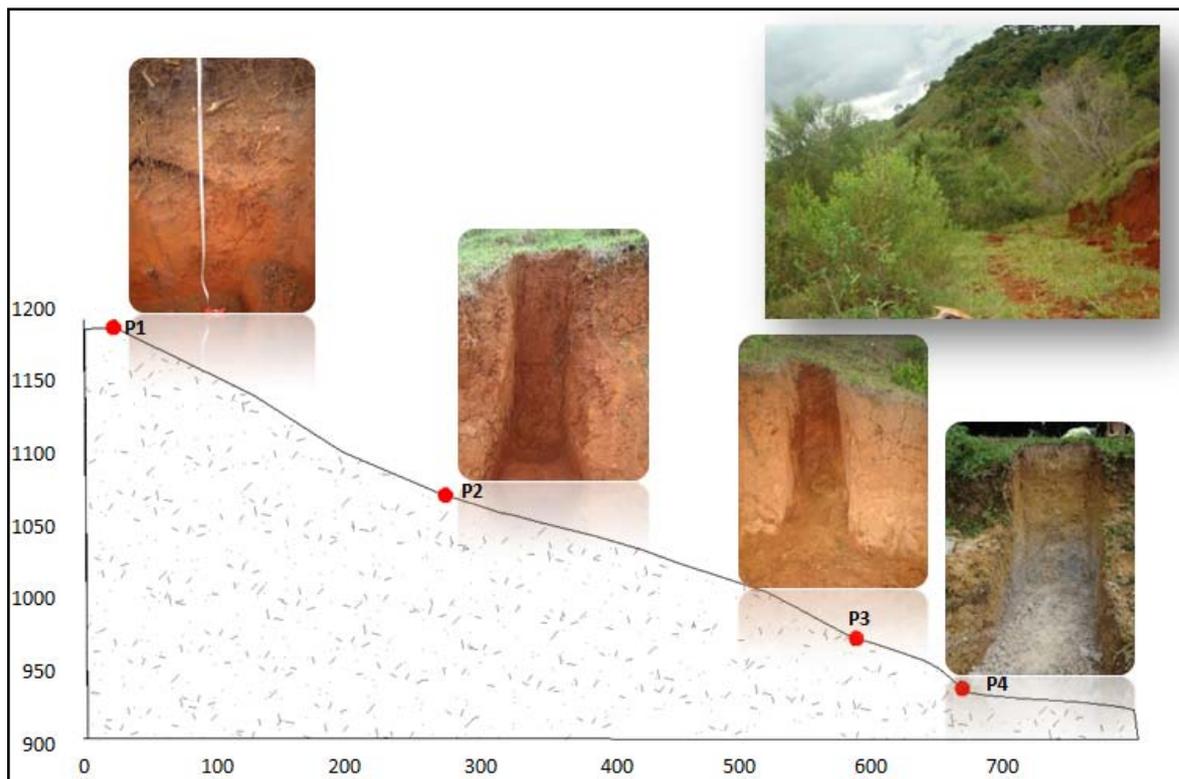


Figura 5.18. Distribuição dos perfis de solo na Catena 3.

De acordo com a Figura 5.18, na catena 3, nos perfis de topo e terço inferior encontrou-se Cambissolo Háplico, distrófico e eutrófico, respectivamente. No terço superior ocorreu o Argissolo Vermelho eutrófico, com mudança textural abrupta, e ainda identificou-se a presença de rocha máfica na formação deste solo, apesar de não identificado na mapa de geologia, confirma a presença deste material em forma de intrusões na sub-bacia, onde a influencia do material de origem nos atributos do solo concorda com estudo feito por Seibert *et al.* (2007). Na planície ocorreu Gleissolo Háplico, com horizonte Cg cinzento e Big de cor bruno-amarelado, sendo este último predominantemente de origem alóctone. A ocorrência de Argissolo entre Cambissolos, e Gleissolo na várzea também ocorreu em estudo feito por Santos *et al.* (2010) em Pinheiral/RJ. O horizonte superficial A moderado foi predominante, sendo A proeminente apenas no Cambissolo do topo.

✓ CATENA 4

A catena 4 está localizada no médio compartimento, em uma propriedade rural que usa a área para pastagem de gado com baixa intensidade, predominando relevo convexo. A caracterização morfológica, física e química dos solos dessa catena está contemplada nas Tabelas 5.9, 5.10 e 5.20, respectivamente. A distribuição dos perfis de solos ao longo da Catena 4 está representada na Figura 5.23, e os perfis de cada solo estão nas Figuras 5.19 a 5.22.

**Tabela 5.9.** Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 4, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Cerosida de ⁽¹⁾	Cor úmida	Classe textural ⁽²⁾	Raízes ⁽³⁾	Transição ⁽⁴⁾	Estrutura ⁽⁵⁾	Consistência ⁽⁶⁾
	cm				%			
T4-P1: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente								
A	0 - 22	sem	10YR 3/2	fr-arg-aren	co, fi a m.gro	cl, on	fr, pq a md, gran	l.dr, fri, m.pla, l.peg
BA	22 - 43	mod, co	5YR 4/4	fr-argilosa	po, fi a md	gr, irre	mod, pq a gd, b.sub	dr, fi, m.pla, l.peg
Bt ₁	43 - 70	mod, co	5YR 4/6	Argila	ra, fi	gr, irre	mod, pq a gd, b.sub	dr, fi, pla, l.peg
Bt ₂	70 - 130	mod, co	2,5YR 4/8	fr-argilosa	ra, fi	gr, irre	mod, pq a gd, b.ang	m.dr, fi, l.pla, n.peg
C	130 -170 ₊	sem	2,5YR 4/8	fr-argilosa	sem	-	fr, m.pq, gran	ma, m.fri, n.pla, l.peg
T4-P2: Argissolo Vermelho eutrófico abrupto, A moderado								
A	0 - 20	sem	7,5YR 4/3	fr-arenosa	mt, fi a gr	cl, pla	mod, md a gd, gran	l.dr, fri, m.pla, l.peg
Bt ₁	20 - 35	fr, co	5YR 4/6	fr-argilosa	mt, fi a gr	gr, pla	mod, pq, b.sub	dr, fi, pla, l.peg
Bt ₂	35 - 85	mod, ab	2,5YR 4/6	fr-argilosa	co, fi a md	gr, pla	fo, pq a md, b.sub	dr, fi, pla, l.peg
BC	85 - 120	mod, po	2,5YR 4/6	Franca	ra, fi a md	gr, pla	mod, m.pq, b.sub	dr, fri, pla, l.peg
C	120 -180 ₊	sem	2,5YR 5/8	Franca	sem	-	fr, m.pq, gran	l.dr, m.fri, pla, n.peg
T4-P3: Argissolo Vermelho distrófico típico, A moderado								
A	0 - 30	sem	7,5YR 4/3	fr-arenosa	mt, fi a gr	cl, pla	mod, m.pq a md, gran	l.dr, m.fri, pla, n.peg
BA	30 - 45	sem	5YR 4/4	fr-arg-aren	mt, fi a gro	gr, pla	mod, m.pq a md, b.sub	dr, fri, l.pla, l.peg
Bt ₁	45 - 70	mod, co	5YR 4/6	argila	mt, fi a gr	gr, pla	mod, md a gd, b.ang	dr, fri, l.pla, l.peg
Bt ₂	70 - 125	fo, ab	2,5YR 4/6	argila	co, fi a md	di, pla	mod, md a gd, b.ang	dr, fri, l.pla, n.peg
C	125 -155 ₊	sem	5YR 4/6	fr-arg-aren	ra, md	-	maciça	dr, m.fri, n.pla, n.peg
T4-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado								
A	0 - 25	sem	10YR 3/3	fr-arenosa	po, fi a md	abru, on	mod, pq a md, gran	m.dr, fri, l.pla, n.peg
Cg ₁	25 - 55	sem	10YR 4/4*	fr-arenosa	ra, fi a md	cl, irre	-	dr, fri, l.pla, n.peg
Cg ₂	55 - 75 ₊	sem	10YR 5/4*	fr-arenosa	sem	-	-	-

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; ⁽¹⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ po: pouca, co: comum, ab: abundante. ⁽²⁾ fr-argilosa: franco-argilosa, fr-siltosa: franco-siltosa, fr-arenosa: franco-arenosa, fr-arg-aren: franco-argilo-arenosa. ⁽³⁾ mt fin: muito finas, fin: finas, md: médias, gro: grossas, mt gro: muito grossas / mt: muitas, co: comuns, po: poucas, ra: raras. ⁽⁴⁾ ab: abrupta, cl: clara, gr: gradual, di: difusa/ pla: plana, ond: ondulada, irre: irregular. ⁽⁵⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ m.pq: muito pequena, pq: pequena, md: média, gd: grande, m.gd: muito grande/ gran: granular, b.ang: blocos angulares, b.sub: blocos subangulares. ⁽⁶⁾ so: solta, ma: macia, l.dr: ligeiramente dura, dr: dura, m.dr: muito dura / m.fri: muito friável, fri: friável, fi: firme, m.fi: muito firme/ n.plas: não plástica, l.plas: ligeiramente plástica, plas: plástica, m.plas: muito plástica/ n.peg: não pegajosa, l.peg: ligeiramente pegajosa, peg: pegajosa, m.peg: muito pegajosa.



Tabela 5.10. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 4, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	S/A	IF	VTP	DS	DP
	cm	-----g Kg ⁻¹ -----				-----%-----		----Kg dm ⁻³ ---	
T4-P1: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente									
A	0 - 22	551	208	240	0,87	74,8	45,2	1,37	2,50
BA	22 - 43	410	211	379	0,56	72,5	41,2	1,55	2,57
Bt ₁	43 - 70	318	169	513	0,33	97,2	45,3	1,48	2,60
Bt ₂	70 - 130	335	284	380	0,75	98,1	49,6	1,34	2,66
C	130 - 170 ₊	428	263	308	0,85	89,4	42,9	1,48	2,55
T4-P2: Argissolo Vermelho eutrófico abrupto, A moderado									
A	0 - 20	522	316	163	1,94	50,5	49,6	1,38	2,63
Bt ₁	20 - 35	374	228	398	0,57	63,7	43,8	1,55	2,76
Bt ₂	35 - 85	254	366	380	0,96	97,7	43,9	1,53	2,60
BC	85 - 120	342	438	219	2,00	97,4	46,4	1,48	2,64
C	120 - 180 ₊	423	344	233	1,48	82,6	47,6	1,38	2,55
T4-P3: Argissolo Vermelho distrófico típico, A moderado									
A	0 - 30	551	300	149	2,01	67,8	48,0	1,44	2,70
BA	30 - 45	472	284	244	1,17	61,4	43,9	1,45	2,56
Bt ₁	45 - 70	338	164	498	0,33	94,9	44,7	1,47	2,60
Bt ₂	70 - 125	280	295	425	0,70	97,9	51,5	1,31	2,62
C	125 - 155 ₊	543	242	215	1,12	96,1	40,9	1,57	2,60
T4-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado									
A	0 - 25	612	277	111	2,51	54,2	42,2	1,50	2,39
Cg ₁	25 - 55	631	228	142	1,61	74,7	47,4	1,44	2,38
Cg ₂	55 - 75 ₊	666	177	157	1,13	86,5	-	-	2,73

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; S/A: relação silte/argila; IF: índice de floculação; VTP: volume total de poros; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula.

T4-P1: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, textura argilosa, A proeminente

(Fig.5.19)



Figura 5.19. Perfil de Argissolo Vermelho.

Perfil situado no topo da encosta, em relevo suave ondulado (declividade de 8%), altitude de 1.015 m, sem erosão aparente, bem drenado, sob pasto abandonado com presença de gramíneas e arbustos em recomposição. Profundidade efetiva de 130 cm, relação textural Bt/A de 1,9, e cerosidade comum e moderada em BA e Bt. Horizonte A proeminente, de cor bruno-acinzentado-muito-escura, textura média, com estrutura fraca granular, pequena à média. A transição para o horizonte BA é clara e ondulada, e para os demais é gradual e irregular. A densidade do solo é relativamente alta no horizonte BA (1,55), fazendo com que as raízes se tornem poucas e raras a partir deste, sendo ausentes em C. A cor do horizonte BA é bruno-avermelhada, no Bt₁ é vermelho-amarelada, e em Bt₂ e C é vermelha.

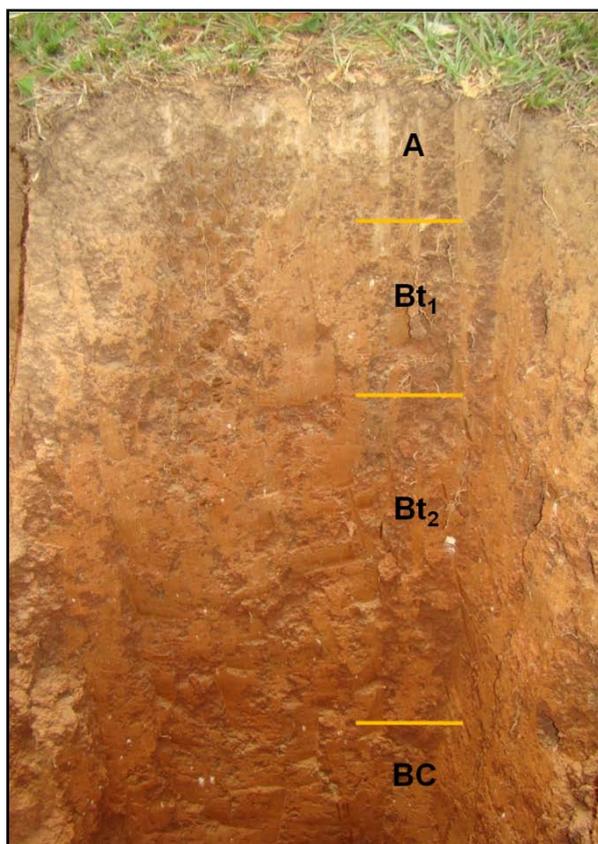
Os horizontes B possuem textura argilosa, estrutura moderada, de pequeno à grande, em blocos subangulares (BA e Bt₁) e blocos angulares (Bt₂), e consistência quando seco dura (muito dura para Bt₂), quando úmido firme, quando molhado muito plástica (BA), plástica (Bt₁) e ligeiramente plástica (Bt₂) e ligeiramente pegajos. Presença de minerais primários intemperizáveis em todo o perfil, tornando-se em grande quantidade a partir de Bt₂, onde o material começa a se tornar mais solto. Horizonte C com estrutura fraca granular e textura argilosa.

Quimicamente, de acordo com a Tabela 5.20, o perfil se comporta com acidez ativa e potencial média, sendo essa última alta em A, com acidez trocável baixa à média. A soma de bases, MOS, CTC efetiva e potencial são boas em A, diminuindo em profundidade até se tornarem muito baixas e baixas. Argila de baixa atividade (Tb), no geral saturação por bases menor que 50%, portanto solo distrófico, sendo

média em A e BA, tornando-se muito baixa em profundidade, e a saturação por alumínio é muito baixa em A e BA, tornando-se alta em profundidade.

T4-P2: Argissolo Vermelho eutrófico abrupto, textura argilosa e média, A moderado

(Fig.5.20)



Localizado no terço superior da encosta, a uma altitude de 947 m, em relevo ondulado (declividade de 11%), sob atividade de pastagem e cobertura de gramíneas, bem drenado, e com erosão laminar e ligeira. Perfil com profundidade efetiva de 120 cm, cor bruna em A, vermelho-amarelada em Bt₁, e vermelha nos demais horizontes. Horizonte A moderado, com 20 cm de espessura, estrutura moderada granular média à grande, textura média, Bt com textura argilosa, relação textural Bt/A de 2,4, apresentando mudança textural abrupta. A transição para o Bt₁ é clara e plana, e entre os demais horizontes é gradual e plana. Presença de muitas raízes em A e Bt₁, diminuindo em profundidade, tornando-se ausentes em C.

Figura 5.20. Perfil de Argissolo Vermelho.

A cerosidade está presente em Bt₁ (comum e fraca), Bt₂ (moderada e abundante) e BC (moderada e pouca). Os horizontes Bt são mais endurecidos (alta DS), possuem estrutura em blocos subangulares, moderada e pequena (Bt₁), forte, de pequena à média (Bt₂), e moderada muito pequena (BC); e consistência quando seco dura, quando úmido firme (friável em BC), e quando molhado plástica e ligeiramente pegajosa. A partir do horizonte Bt₂ há ocorrência de minerais primários intemperizáveis e o horizonte C apresenta-se com textura franca e estrutura fraca granular de tamanho muito pequeno.

Quanto à caracterização química, conforme Tabela 5.20, o perfil possui acidez ativa fraca, potencial baixa à média, e acidez trocável muito baixa. A soma de bases e a saturação por bases vão de média a boa, sendo V% maior que 50%, portanto solo eutrófico. CTC efetiva e potencial média, argila de baixa



atividade ($T_b < 8 \text{ cmolc/dm}^3$), saturação por alumínio muito baixa, e MOS variando de média em A até muito baixa em C.

T4-P3: Argissolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa e média, A moderado

(Fig.5.21)

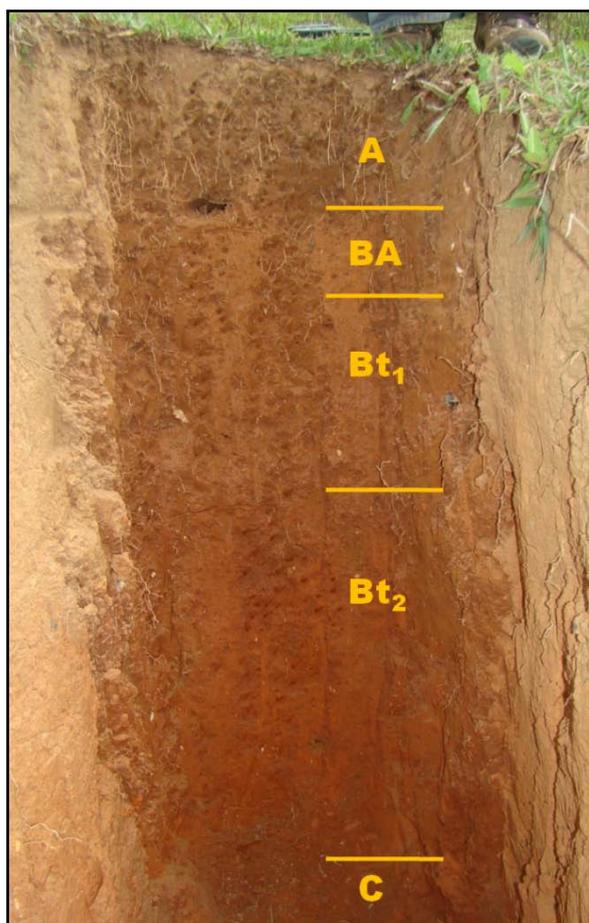


Figura 5.21. Perfil de Argissolo Vermelho.

Ocupa o terço inferior da encosta, em relevo ondulado (declividade de 13%), e altitude de 890 m, estando coberto por gramíneas e sob atividade de pastagem, e seu estágio de erosão é laminar moderado. Perfil bem drenado, com profundidade efetiva de 150 cm, textura argilosa para Bt_1 e Bt_2 e média para os demais, conferindo uma relação textural Bt/A de 2,6. A cerosidade é comum e moderada em Bt_1 e abundante e forte em Bt_2 . Horizonte A moderado com 30 cm de espessura e cor úmida bruna, com estrutura granular, muito pequena à média. A transição para o horizonte BA é clara e plana, para Bt_1 e Bt_2 é gradual e plana, e para C difusa e plana. As raízes são muitas, tornando-se comuns em Bt_2 , e ausentes em C.

A estrutura nos horizontes Bt é moderada em blocos angulares, de tamanho médio a grande; a consistência quando seco é dura, quando úmido é friável, e quando molhado é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa (Bt_1) e não pegajosa (Bt_2), sendo a cor vermelho-amarelada (Bt_1) e amarela (Bt_2). O horizonte C possui maior porcentagem de areia e relação S/A, cor vermelho-amarelada e estrutura maciça. Perfil com intensa mudança de cor e presença de mesclas arroxeadas em Bt_2 e C.

De acordo com a Tabela 5.20, no geral, quimicamente o perfil possui acidez potencial e ativa médias (fraca em Bt_1), e acidez trocável baixa (média em C). Horizonte A com soma de bases, saturação por bases e CTC efetiva e potencial médias. Para os demais horizontes predomina a soma de bases,

saturação por bases e CTC efetiva com valores baixos, e CTC potencial média. V% menor que 50%, portanto solo distrófico, e argila de baixa atividade (Tb). Para todo o perfil a saturação por alumínio varia de muito baixa à média, e a MOS diminui em profundidade, de média (A) até muito baixa (Bt₂ e C).

T4-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, textura média, A moderado (Fig.5.22)



Perfil localizado na planície, a 867 m de altitude, com atividade de pastagem e cobertura de gramíneas. A baixa declividade, condições de má drenagem, e presença de lençol freático a 60 cm da superfície, conferem ao perfil condições hidromórficas. A textura é franco-arenosa em todo o perfil, coloração com matiz 10YR, presença de raízes finas a médias, de presença poucas em A, raras em Cg₁ e ausentes em Cg₂. A transição para o horizonte Cg₁ é abrupta e ondulada, e para Cg₂ clara e irregular. Possui índice de floculação baixo e porcentagem de argila menor que 15%.

Figura 5.22. Perfil de Gleissolo Háptico.

Horizonte A moderado com 25 cm de espessura, cor bruno-escura, estrutura granular de tamanho pequeno a médio, consistência quando seco muito dura, quando úmido friável, e quando molhado ligeiramente plástica e não pegajosa.

Conforme Tabela 5.20, quimicamente o perfil possui acidez ativa fraca, potencial média e trocável muito baixa à baixa. Soma de bases boa em A, média em Cg₁ e baixa em Cg₂. CTC efetiva e potencial, e saturação por bases com valores médios para A e Cg₁, e baixos para Cg₂. MOS e saturação por alumínio com valores baixos e muito baixos, e argila de baixa atividade (Tb).

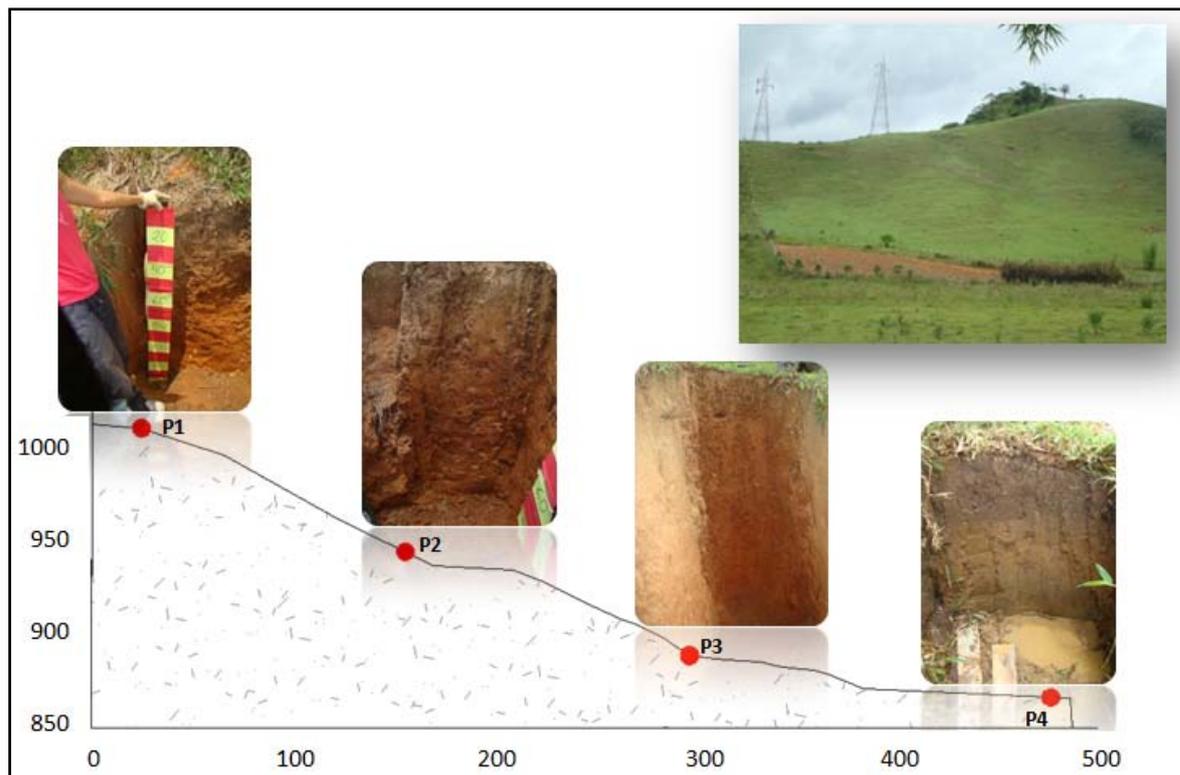


Figura 5.23. Distribuição dos perfis de solo na Catena 4.

De acordo com a Figura 5.23, na distribuição de solos da catena 4 ocorreu Argissolo Vermelho em todos os perfis, exceção á área de planície, onde ocorreu Gleissolo Háptico. O Argissolo do terço superior apresentou mudança textural abrupta, portanto possui dificuldade de drenagem em perfil, devendo ser adequadamente manejados para garantir sua estabilidade. Os Argissolos estão em relevo suave-ondulado a ondulado, com textura argilosa a média e profundidade efetiva de mais de 1,2 m.

✓ CATENA 5

A catena 5 está entre o médio e alto compartimento, sendo utilizada para a atividade de pastagem. É a menor catena em extensão e variação de altitude, com forma de relevo convexo. A caracterização morfológica, física e química dos solos dessa catena está apresentada nas Tabelas 5.11, 5.12 e 5.21, respectivamente. A distribuição dos perfis de solos ao longo da Catena 5 está representada na Figura 5.28, e os perfis de cada solo estão nas Figuras 5.24 a 5.27.



Tabela 5.11. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 5, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Cerosi- dade ⁽¹⁾	Cor Úmida	Classe textural ⁽¹⁾	Raízes ⁽²⁾	Transi- ção ⁽³⁾	Estrutura ⁽⁴⁾	Consistência ⁽⁵⁾
	cm				%			
T5-P1: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado								
A	0 a 20	sem	7,5YR 4/3	fr-arg-aren	co, md	gr, pla	fo, pq, gran	l.dr, m.fri, pla, l.peg
AB	20 a 35	sem	7,5YR 4/4	Argila	co, md	gr, pla	fo, pq, b.sub	dr, fri, l.pla, l.peg
Bt₁	35 a 60	mod, co	7,5YR 4/6	Argila	co, md	di, pla	mod, pq a md, b.sub	dr, fi, pla, l.peg
Bt₂	60 a 83	mod, co	5YR 5/6	Argila	po, fi a md	di, pla	mod, pq, b.sub	m.dr, fi, l.pla, l.peg
Bw	83 a 120 ⁺	sem	5YR 5/8	Argila	po, fi	-	fr, pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
T5-P2: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado								
A	0 a 10	sem	7,5YR 4/4	fr-argilosa	mt, md a gro	gr, pla	mod, pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
AB	10 a 20	sem	5YR 4/4	Argila	co, md	gr, pla	mod, pq, gran	dr, fri, l.pla, l.peg
Bt	20 a 60	fo, co	5YR 4/6	Argila	co, md	gr, pla	fo, pq a md, b.sub	dr, fri, l.pla, l.peg
Bw	60 a 110 ⁺	fr, co	5YR 4/6	Argila	po, md	-	mod, pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, n.peg
T5-P3: Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado								
A₁	0 a 10	sem	7,5YR 3/4	fr-argilosa	mt, fi a gro	gr, pla	fr, pq, gran	ma, m.fri, pla, l.peg
A₂	10 a 32	sem	5YR 4/3	fr-argilosa	mt, fi a gro	cl, pla	mod, pq, gran	ma, fri, pla, l.peg
Bw₁	32 a 65	fr, po	2,5YR 4/4	Argila	co, md	gr, pla	fo, pq, gran	l.dr, fri, l.pla, l.peg
Bw₂	65 a 120 ⁺	sem	2,5YR 4/4	Argila	po, fi a md	-	mod, m.pq a pq, gran	ma, m.fri, l.pla, l.peg
T5-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado								
A	0 a 26	sem	10YR 4/4	Franca	po, fi	cl, on	mod, md, b.sub	l.dr, m.fri, l.pla, n.peg
Big	26 a 70	sem	2,5Y 6/4*	fr-arg-aren	sem	gr, irre	maciça	dr, fri, pla, l.peg
Cg₁	70 a 90	sem	2,5Y 7/1**	fr-arenosa	sem	gr, irre	maciça	ma, m.fri, l.pla, l.peg
Cg₂	90 a 110 ⁺	sem	2,5Y 7/1**	fr-arenosa	sem	-	maciça	l.dr, fri, pla, l.peg

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; ⁽¹⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ po: pouca, co: comum, ab: abundante. ⁽²⁾ fr-argilosa: franco-argilosa, fr-siltosa: franco-siltosa, fr-arenosa: franco-arenosa, fr-arg-aren: franco-argilo-arenosa. ⁽³⁾ mt fin: muito finas, fin: finas, md: médias, gro: grossas, mt gro: muito grossas / mt: muitas, co: comuns, po: poucas, ra: raras. ⁽⁴⁾ ab: abrupta, cl: clara, gr: gradual, di: difusa/ pla: plana, ond: ondulada, irre: irregular. ⁽⁵⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ m.pq: muito pequena, pq: pequena, md: média, gd: grande, m.gd: muito grande/ gran: granular, b.ang: blocos angulares, b.sub: blocos subangulares. ⁽⁶⁾ so: solta, ma: macia, l.dr: ligeiramente dura, dr: dura, m.dr: muito dura / m.fri: muito friável, fri: friável, fi: firme, m.fi: muito firme/ n.plas: não plástica, l.plas: ligeiramente plástica, plas: plástica, m.plas: muito plástica/ n.peg: não pegajosa, l.peg: ligeiramente pegajosa, peg: pegajosa, m.peg: muito pegajosa.

*mosqueados 2,5Y 6/1, comum, pequeno, proeminente.

**mosqueados 10YR 6/6, comum, pequeno à grande, proeminente



Tabela 5.12. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 5, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	S/A	IF	VTP	DS	DP
	cm	-----g Kg ⁻¹ -----				-----%-----		-----Kg dm ⁻³ -----	
T5-P1: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado									
A	0 - 20	489	264	247	1,07	69,7	48,9	1,28	2,55
AB	20 - 35	422	162	416	0,39	72,4	45,5	1,43	2,57
Bt ₁	35 - 60	306	157	538	0,29	77,5	45,3	1,42	2,59
Bt ₂	60 - 83	287	131	582	0,23	83,7	51,8	1,28	2,61
Bw	83 - 120 ₊	298	177	525	0,34	81,1	53,4	1,21	2,55
T5-P2: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado									
A	0 - 10	443	255	302	0,85	53,3	53,8	1,22	2,61
AB	10 - 20	428	154	418	0,37	73,6	49,7	1,24	2,47
Bt	20 - 60	326	147	527	0,28	80,4	51,2	1,22	2,52
Bw	60 - 110 ₊	348	135	517	0,26	70,0	48,9	1,26	2,46
T5-P3: Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado									
A ₁	0 - 10	419	216	366	0,59	71,1	51,4	1,18	2,53
A ₂	10 - 32	409	215	376	0,57	84,5	54,9	1,10	2,49
Bw ₁	32 - 65	337	214	450	0,47	73,8	56,4	1,13	2,59
Bw ₂	65 - 120 ₊	298	150	551	0,27	79,7	60,5	0,96	2,44
T5-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado									
A	0 - 26	497	329	174	1,90	67,6	45,5	1,40	2,56
Big	26 - 70	530	257	213	1,21	46,6	39,1	1,54	2,53
Cg ₁	70 - 90	529	278	193	1,44	64,4	-	-	2,63
Cg ₂	90 - 110 ₊	520	316	164	1,93	42,5	-	-	2,66

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; S/A: relação silte/argila; IF: índice de floculação; VTP: volume total de poros; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula.

T5-P1: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, textura argilosa, A moderado

(Fig.5.24)

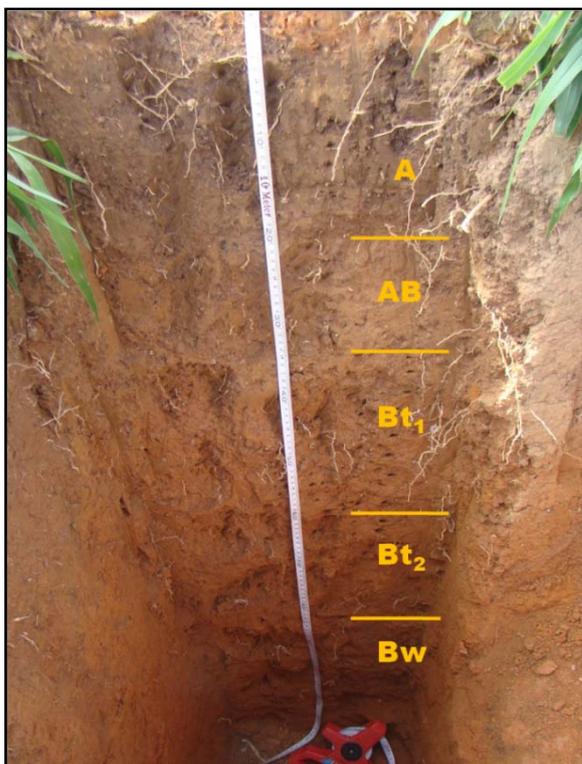


Figura 5.24. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.

Situado no topo da encosta, em relevo plano, altitude de 1.145 m, em área de pastagem com cobertura de gramíneas, sob boa drenagem e ausência de erosão aparente. Profundidade efetiva superior a 120 cm, horizonte A moderado com textura média, cor bruna e estrutura granular forte e pequena. O horizonte de transição AB tem textura argilosa, cor bruna e estrutura em blocos subangulares. A relação textural Bt/A é de 1,7, sendo a textura nos horizontes Bt argilosa, apresentando cerosidade comum e moderada, com estrutura moderada em blocos subangulares, pequenos a médios (Bt₁) e pequenos (Bt₂).

As raízes são comuns e têm diâmetro médio até Bt₁, tornando-se a partir desse, poucas, finas a médias em Bt₂ e finas em Bw. O horizonte Bw apresenta características que o diferem do Bt, como ausência de cerosidade e estrutura granular.

Para os horizontes B a coloração é bruno-forte (Bt₁) e vermelho-amarelada (Bt₂ e Bw), e a consistência quando seco é dura (Bt₁), muito dura (Bt₂), ligeiramente dura (Bw), quando úmido é firme (muito friável em Bw), e quando molhado é ligeiramente plástica (plástica em Bt₁), e ligeiramente pegajosa. A transição entre os horizontes é plana, sendo gradual para AB e Bt₁, e difusa para Bt₂ e Bw.

Quimicamente, de acordo com a Tabela 5.21, o perfil se comporta com acidez ativa média (fraca em Bw), trocável de alta a muito baixa, e potencial de alta a baixa, reduzindo-se em profundidade. De forma geral, os valores da soma e saturação de bases são muito baixos, CTC efetiva (t) e MOS baixas, saturação de alumínio alta, argila de baixa atividade (Tb) e distrófico.

T5-P2: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, textura argilosa, A moderado

(Fig.5.25)

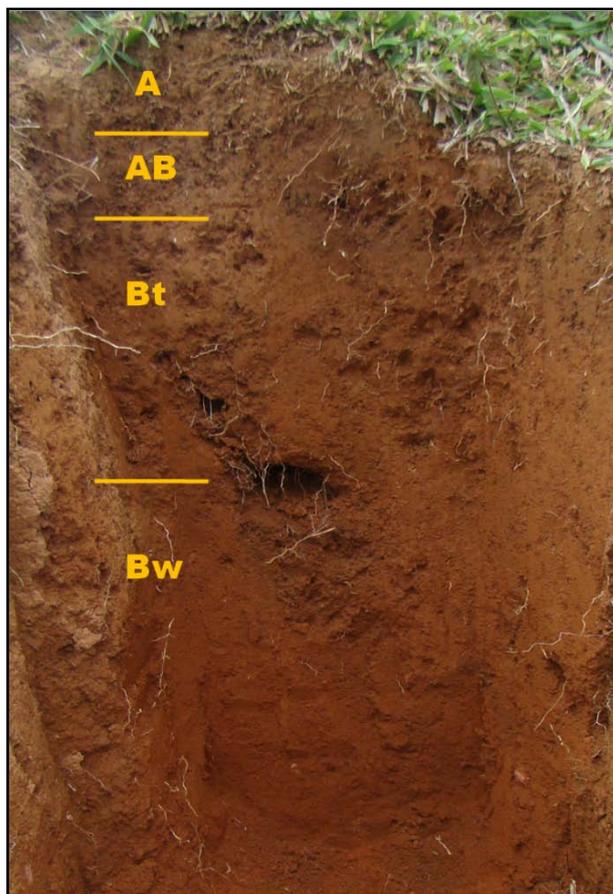


Figura 5.25. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.

Situa-se no terço superior da encosta, numa altitude de 1.116 m, em relevo forte ondulado (declividade de 24%), sob atividade de pastagem com cobertura de gramíneas. Possui boa drenagem, erosão laminar moderada, e profundidade efetiva maior que 110 cm, confirmada com tradagem até 180 cm. Horizonte A moderado com cor bruna, textura média e estrutura granular pequena e moderada. O horizonte de transição AB tem estrutura igual ao A, cor bruno-avermelhada e textura argilosa. Para os horizontes Bt e Bw a cor é vermelho-amarelada, textura argilosa, relação S/A menor que 0,3, sendo a cerosidade comum e forte em Bt e comum e fraca em Bw. A estrutura é forte em blocos subangulares, de tamanho pequeno à médio, em Bt; e moderada granular e de tamanho pequeno em Bw.

Já em Bw a consistência quando seco é ligeiramente dura, quando úmido é muito friável, e quando molhado é ligeiramente plástica e não pegajosa.

A transição entre todos os horizontes é gradual e plana, e as raízes são de diâmetro médio (sendo também grossas em A), e são muitas em A, comuns em AB e Bt e poucas em Bw.

Conforme a Tabela 5.21, quanto às características químicas, o perfil possui acidez ativa média, acidez potencial e trocável alta (sendo média e baixa respectivamente em Bw₁). Em geral, possui soma e saturação por bases muito baixas, CTC efetiva baixa, CTC potencial média, saturação por alumínio alta a muito alta, e MOS média em A e AB e baixa nos horizontes B. Solo distrófico e com argila de baixa atividade (Tb).

T5-P3: Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado (Fig.5.26)

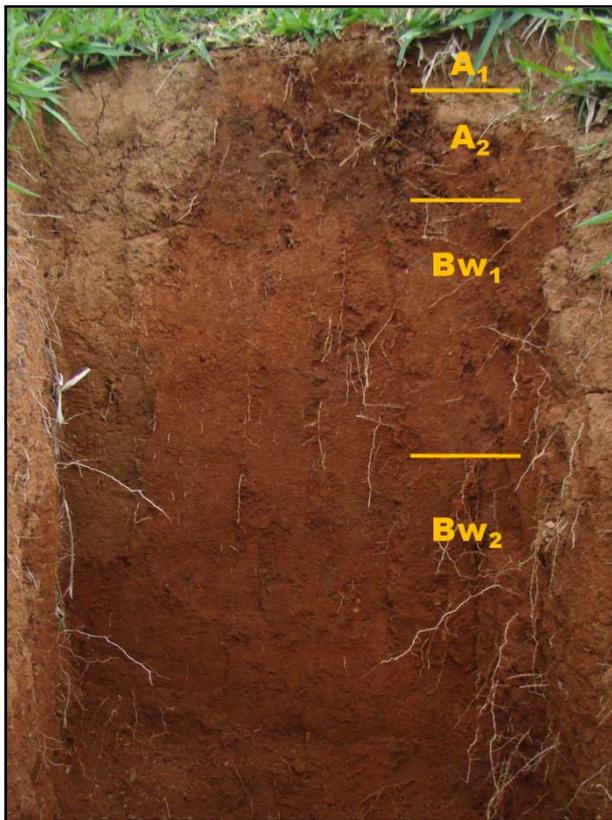


Figura 5.26. Perfil de Latossolo Vermelho.

Perfil em área de pasto sob cobertura vegetal de gramíneas, localizado no topo inferior da encosta, em relevo forte-ondulado (declividade de 40%), altitude de 1.096 m, bem drenado, e apresentando erosão laminar ligeira. Profundidade efetiva maior que 120 cm, confirmada com tradagem até 180 cm. Horizonte A moderado com 32 cm de espessura, presença de seixos rolados, indicativos de material alóctone, textura média, presença de muitas raízes finas a grossas, e estrutura granular pequena, sendo forte em A₁ e moderada em A₂. A consistência quando seco é macia, quando úmido é muito friável (A₁) e friável (A₂), e quando molhado é plástica e ligeiramente pegajosa.

A cor é bruna escura para A₁ e bruna avermelhada nos demais horizontes, e a transição entre os horizontes é plana, sendo clara para Bw₁ e gradual para os demais. Os horizontes Bw apresentam pouca diferença visual, textura argilosa, relação S/A menor que 0,5, estrutura granular, pequena e forte em Bw₁, e muito pequena à pequena e moderada em Bw₂. A cerosidade está presente apenas em Bw₁, de forma fraca e pouca, e a consistência de Bw quando seco é ligeiramente dura (Bw₁) e macia (Bw₂), quando úmido é friável (Bw₁) e muito friável (Bw₂), e quando molhado é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

De acordo com tabela 5.21, quimicamente o perfil apresenta acidez ativa média, potencial alta (muito alta para A₂) e trocável alta. Soma de bases baixa nos horizontes A e muito baixa em Bw, CTC efetiva e MOS média em A e baixa nos Bw. No geral, apresenta saturação por bases muito baixa (distrófico), CTC potencial boa, argila de baixa atividade (Tb), e saturação por alumínio média a muito alta.

T5-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, textura média, A moderado (Fig.5.27)



Figura 5.27. Perfil de Gleissolo Háptico.

Situa-se em planície, a 10% de declividade e 1.055 de altitude, sob atividade de pastagem e coberta por gramíneas, mal drenado, com presença de lençol próximo à superfície, a menos de 70 cm, condicionando ao solo características de hidromorfismo. Perfil com textura média, porcentagem alta de areia, próxima a 50%, e baixa de argila. As raízes estão presentes apenas no horizonte A, sendo poucas e finas, e a transição para o horizonte Big é clara e ondulada, e para os demais é gradual e irregular. O horizonte A moderado possui cor bruno-amarelada-escura, estrutura média em blocos subangulares de agregação moderada, e consistência quando seco ligeiramente dura, quando úmido muito friável, e quando molhado ligeiramente plástica e não pegajosa.

A estrutura dos horizontes Big e Cg é maciça, e a cor é variegada, sendo bruno-amarelada-clara em Big, com mosqueados 2,5Y6/1 (comuns, pequenos, proeminentes), e em Cg₁ e Cg₂ o fundo é cinzento com mosqueados 10YR 6/6 (comuns, pequenos à grandes, proeminentes).

Quanto à caracterização química, de acordo com a Tabela 5.21, o perfil apresenta acidez ativa e potencial médias (elevada em A), e trocável alta. Os valores da soma de bases e MOS são muito baixos para os horizontes Cg e baixos para o A, a saturação por bases é muito baixa, caracterizando solo distrófico, CTC efetiva baixa, CTC potencial baixa à média e saturação por alumínio alta a muito alta.

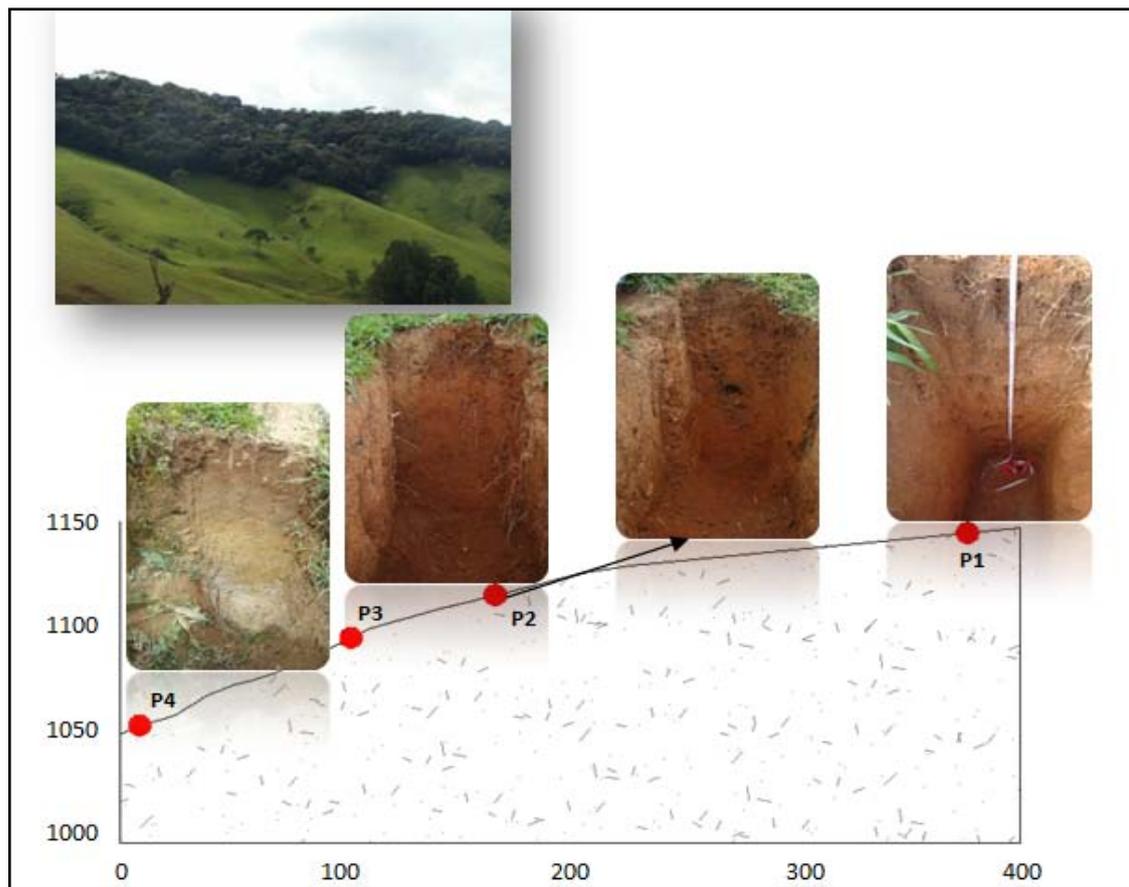


Figura 5.28. Distribuição dos perfis de solo na Catena 5.

A catena 5, conforme a Figura 5.28, possui Argissolo Vermelho-Amarelo no topo e terço superior, ambos com presença de horizonte Bw sob o Bt, com mudanças principalmente nos atributos cerosidade e estrutura entre estes horizontes. No terço inferior ocorreu a classe de Latossolo Vermelho, em declividade forte-ondulado (40%), provavelmente tal relevo impediu a deposição e formação de nova classe de solo sobre o Latossolo, como ocorreu com os Argissolos do topo e terço superior. Na área de planície a deficiência de drenagem gerou condições hidromórficas ao solo, portanto encontrou-se Gleissolo Háplico, com horizontes bruno-amarelado-clara e cinzenta, e presença de mosqueados. Os horizontes superficiais encontrados foram A moderado, sendo todos distróficos, ou seja, com baixa fertilidade, característica comum para solos que se formam a partir de granito e gnaisse, material comum na sub-bacia.

✓ CATENA 6

Esta foi a mais extensa e de maior amplitude de altitude (400 m), e maior altitude alcançada (1456 m), portanto apresenta temperaturas mais baixas com maior acúmulo e menor taxa de decomposição de MOS. A caracterização morfológica, física e química dos solos dessa catena pode ser vista nas Tabelas



5.13, 5.14 e 5.21, respectivamente. A distribuição dos perfis de solos ao longo da Catena 6 está representada na Figura 5.33, e os perfis de cada solo estão nas Figuras 5.29 a 5.32.

Tabela 5.13. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 6, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Cerosi- dade ⁽¹⁾	Cor Úmida	Classe textural ⁽¹⁾	Raízes ⁽²⁾	Transi- ção ⁽³⁾	Estrutura ⁽⁴⁾	Consistência ⁽⁵⁾
	cm				%			
T6-P1: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto, A moderado								
A ₁	0 - 19	sem	10YR 2/2	fr-arenosa	mt, pq a md	gr, on	fo, m.pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
A ₂	19 - 31	sem	7,5YR 5/3	fr-arg-aren	mt, pq a md	cl, on	fo, m.pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
Bt ₁	31 - 55	mod, co	5YR 4/6	Argila	mt, pq a md	gr, on	mod, pq a md, b.sub	dr, fri, m.pla, peg
Bt ₂	55 - 80	mod, co	5YR 4/6	Argila	co, pq a md	gr, pla	mod, pq a md, b.sub	dr, fri, pla, peg
Bw	80 - 116 ₊	sem	7,5YR 3/4	Argila	po, pq a md	-	mod, pq, gran	dr, fri, l.pla, peg
T6-P2: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente								
A ₁	0 - 10	sem	7,5YR 2,5/2	Franca	mt, pq a gd	gr, pla	mod, m.pq a pq, gran	l.dr, m.fri, pla, l.peg
A ₂	10 - 30	sem	7,5YR 2,5/3	Franca	co, pq a gd	gr, pla	mod, pq, gran	l.dr, m.fri, pla, l.peg
A ₃	30 - 70	sem	7,5YR 2,5/3	fr-arg-aren	co, pq a gd	cl, pla	mod, m.pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
BA	70 - 100	sem	7,5YR 3/4	fr-arg-aren	co, pq a md	gr, pla	mod, pq, b.sub	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
Bt ₁	100 - 130	mod, co	5YR 4/6	Argila	po, pq a md	gr, pla	fo, pq a md, b.ang	m.dr, fi, l.pla, peg
Bt ₂	130 - 170 ₊	mod, co	5YR 4/4	Argila	po, pq a md	-	fo, pq a md, b.ang	m.dr, fi, l.pla, l.peg
T6-P3: Argissolo Vermelho eutrófico típico, A proeminente								
A	0 - 35	sem	7,5YR 2,5/3	Franca	mt, pq a md	cl, pla	fo, pq, gran	l.dr, m.fri, pla, l.peg
Bt ₁	34 - 60	mod, co	2,5YR 3/3	Argila	co, pq a md	gr, pla	fr, md, b.sub	dr, fri, pla, l.peg
Bt ₂	60 - 95	mod, co	2,5YR 3/4	fr-argilosa	co, pq a md	cl, pla	fr, md, b.ang	m.dr, fi, pla, l.peg
C	95 - 200 ₊	fr, co	5YR 4/4	Franca	ra, pq	-	maciça	m.dr, fri, l.pla, n.peg
T6-P4: Argissolo Vermelho distrófico típico, A moderado								
A	0 - 15	sem	7,5YR 3/4	Franca	mt, fi a md	gr, on	fo, m.pq a md, gran	l.dr, m.fri, l.pla, peg
BA	15 - 44	fr, co	5YR 3/4	Argila	mt, fi a md	gr, on	fo, m.pq a pq, gran	dr, fri, l.pla, l.peg
Bt ₁	44 - 80	mod, co	5YR 4/4	Argila	co, fi	gr, pla	mod, pq, b.sub	m.dr, fi, l.pla, l.peg
Bt ₂	80 - 180	mod, co	5YR 4/4	Argila	po, fi	gr, pla	mod, md, b.sub	m.dr, fi, l.pla, l.peg
BC	180 - 215 ₊	sem	7,5YR 2,5/2	fr-argilosa	sem	-	maciça	ma, m.fri, n.pla, n.peg

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; ⁽¹⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ po: pouca, co: comum, ab: abundante. ⁽²⁾ fr-argilosa: franco-argilosa, fr-siltosa: franco-siltosa, fr-arenosa: franco-arenosa, fr-arg-aren: franco-argilo-arenosa. ⁽³⁾ mt fin: muito finas, fin: finas, md: médias, gro: grossas, mt gro: muito grossas / mt: muitas, co: comuns, po: poucas, ra: raras. ⁽⁴⁾ ab: abrupta, cl: clara, gr: gradual, di: difusa/ pla: plana, ond: ondulada, irre: irregular. ⁽⁵⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ m.pq: muito pequena, pq: pequena, md: média, gd: grande, m.gd: muito grande/ gran: granular, b.ang: blocos angulares, b.sub: blocos subangulares. ⁽⁶⁾ so: solta, ma: macia, l.dr: ligeiramente dura, dr: dura, m.dr: muito dura / m.fri: muito friável, fri: friável, fi: firme, m.fi: muito firme/ n.plas: não plástica, l.plas: ligeiramente plástica, plas: plástica, m.plas: muito plástica/ n.peg: não pegajosa, l.peg: ligeiramente pegajosa, peg: pegajosa, m.peg: muito pegajosa.



Tabela 5.14. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 6, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	S/A	IF	VTP	DS	DP
	cm	-----g Kg ⁻¹ -----				-----%-----		-----Kg dm ⁻³ -----	
T6-P1: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto, A moderado									
A ₁	0 - 19	548	271	181	1,50	84,2	51,4	1,31	2,70
A ₂	19 - 31	548	216	235	0,92	72,8	49,2	1,43	2,59
Bt ₁	31 - 55	363	196	441	0,45	78,8	54,7	1,19	2,59
Bt ₂	55 - 80	293	150	557	0,27	74,3	58,5	1,13	2,64
Bw	80 - 116 ₊	337	172	491	0,35	88,8	53,1	1,21	2,62
T6-P2: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente									
A ₁	0 - 10	489	320	190	1,68	59,3	49,1	1,25	2,46
A ₂	10 - 30	451	392	157	2,50	80,9	50,3	1,32	2,59
A ₃	30 - 70	492	244	264	0,92	68,3	50,5	1,28	2,57
BA	70 - 100	453	215	332	0,65	70,9	39,2	1,56	2,69
Bt ₁	100 - 130	358	221	421	0,53	70,6	37,9	1,57	2,55
Bt ₂	130 - 170 ₊	342	155	503	0,31	97,1	41,0	1,53	2,66
T6-P3: Argissolo Vermelho eutrófico típico, A proeminente									
A	0 - 35	499	290	212	1,37	77,5	39,0	1,58	2,58
Bt ₁	34 - 60	375	224	401	0,56	78,9	44,6	1,42	2,56
Bt ₂	60 - 95	361	285	354	0,81	68,0	52,0	1,28	2,61
C	95 - 200 ₊	461	293	246	1,19	89,0	34,2	1,68	2,57
T6-P4: Argissolo Vermelho distrófico típico, A moderado									
A	0 - 15	395	258	347	0,74	72,7	49,0	1,36	2,54
BA	15 - 44	323	157	520	0,30	72,7	54,5	1,18	2,55
Bt ₁	44 - 80	325	157	518	0,30	84,1	54,4	1,15	2,53
Bt ₂	80 - 180	330	243	427	0,57	76,6	53,3	1,24	2,61
BC	180 -215 ₊	328	310	361	0,86	73,1	51,4	1,26	2,56

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; S/A: relação silte/argila; IF: índice de floculação; VTP: volume total de poros; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula.

T6-P1: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto, textura argilosa, A moderado

(Fig.5.29)

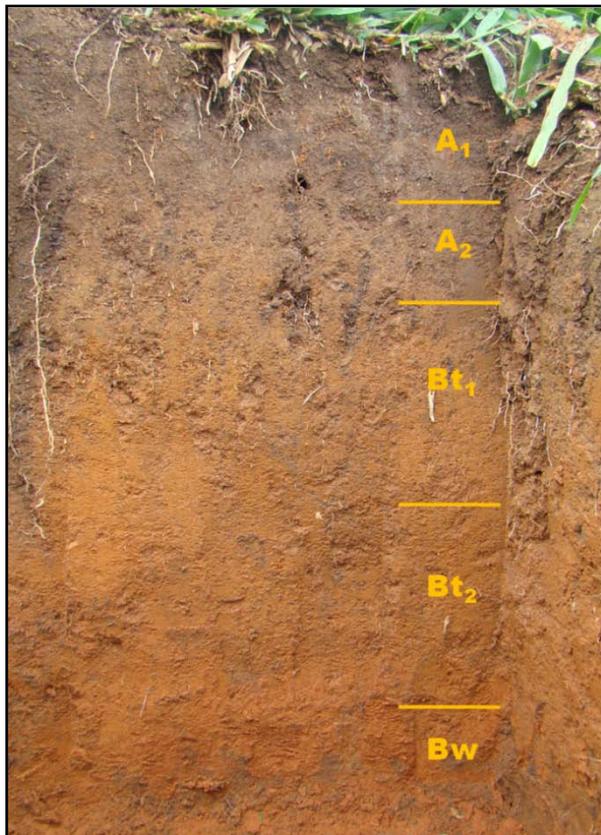


Figura 5.29. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo.

Encontra-se no topo da encosta, a 1.456 m de altitude, em relevo ondulado (14% de declividade), bem drenado, sem erosão aparente, sob atividade de pastagem e com cobertura de gramíneas. Profundidade efetiva maior que 120 cm. Horizonte A moderado com textura média, cor bruno-muito-escura (A_1) e bruna (A_2), estrutura forte granular muito pequena, e consistência quando seco ligeiramente dura, quando úmido muito friável, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Presença de raízes com diâmetro pequeno a médio em todo o perfil, sendo a presença classificada como muitas de A_1 até Bt_1 , comuns em Bt_2 e poucas em Bw.

Relação textural Bt/A de 2,4 com acréscimo significativo de argila no horizonte Bt em relação ao A, caracterizando mudança textural abrupta. Horizontes Bt com cerosidade moderada e comum, cor úmida vermelho-amarelada, textura argilosa, estrutura moderada em blocos subangulares, pequenos à médios, e consistência quando seco dura, quando úmido friável, e quando molhado pegajosa e muito plástica (Bt_1) e plástica (Bt_2). Horizonte Bw sem cerosidade, estrutura granular de tamanho pequeno, cor bruno-escura, textura argilosa, e consistência quando seco dura, quando úmido friável, e quando molhado ligeiramente plástica e pegajosa.

Quimicamente o solo possui, conforme a Tabela 5.21, acidez ativa fraca (média em Bt_1), potencial média (baixa em Bw), e trocável muito baixa. A soma de bases e CTC efetiva são boas para A e Bt_1 , e médias para Bt_2 e Bw. CTC potencial média, com argila de baixa atividade (Tb), saturação por bases boa em A e média nos demais horizontes, todos acima de 50%, assim solo eutrófico. Saturação por alumínio muito baixa, e MOS média no horizonte A e baixa nos demais horizontes.

T6-P2: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, textura argilosa e média, A proeminente

(Fig.5.30)

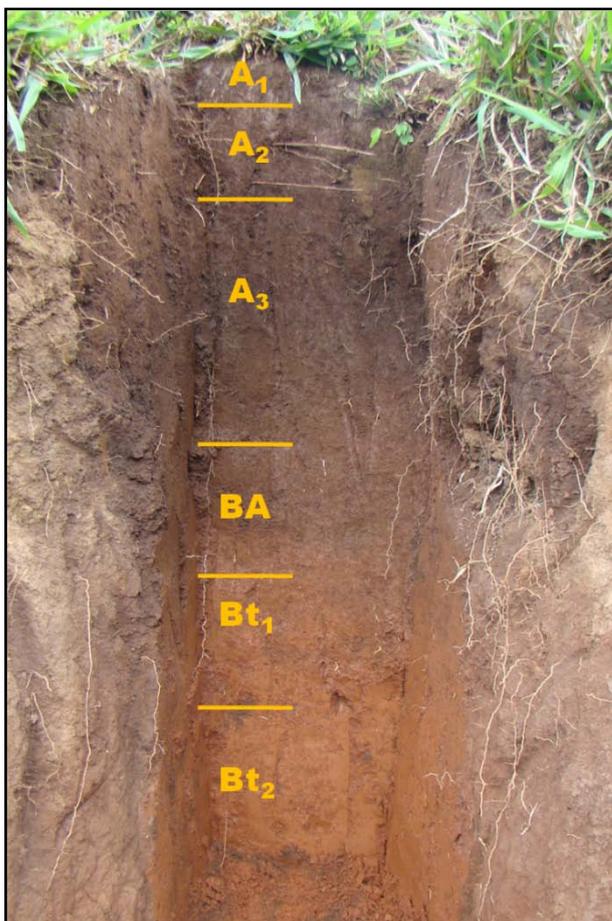


Figura 5.30. Perfil de Argissolo Vermelho.

Localiza-se no terço superior da encosta, em forma de vale suspenso, em altitude de 1.296 m, relevo forte ondulado (declive de 39%), cobertura vegetal de gramíneas e uso de pastagem, com boa drenagem e erosão laminar em grau ligeiro. Profundidade efetiva maior que 170 cm, horizonte A proeminente com 70 cm de espessura, cor úmida bruno-muito-escura, textura média, estrutura moderada granular, muito pequena e pequena, e consistência quando seco ligeiramente dura, quando úmido muito friável, e quando molhado plástica (ligeiramente plástica em A₃) e ligeiramente pegajosa. Transição entre os horizontes gradual e plana, sendo clara e plana apenas para BA.

Presença de raízes com diâmetro pequeno a grande nos horizonte A e pequeno a médio nos B, sendo em quantidade de muitas em A₁, poucas em Bt e comum nos demais. Horizontes Bt com cerosidade moderada e comum, cor vermelho-amarelada (Bt₁) e bruno avermelhada (Bt₂), textura argilosa, estrutura forte em blocos angulares, pequenos à médios, consistência quando seco muito dura, quando úmido firme, e quando molhado ligeiramente plástica e pegajosa em Bt₁, e ligeiramente pegajosa em Bt₂. Relação textural Bt/A de 2,0, e BA com cor úmida bruno-escura, textura média e estrutura moderada em blocos subangulares.

De acordo com a caracterização química, Tabela 5.21, o perfil possui acidez ativa fraca à média, potencial média à alta, e trocável muito baixa à baixa. A soma de bases é muito boa no horizonte A₁, boa no A₂ e A₃, e média no BA e Bt. MOS e saturação por bases boas em A₁, decrescendo com a profundidade até valores muito baixos e baixos, respectivamente. Como na maior parte dos horizontes a saturação por bases é menor que 50%, o solo é distrófico, e a saturação por alumínio é muito baixa.

CTC efetiva e potencial boas para os horizontes A e média para BA e Bt, e argila de baixa atividade (Tb).

T6-P3: Argissolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa e média, A proeminente
(Fig.5.31)

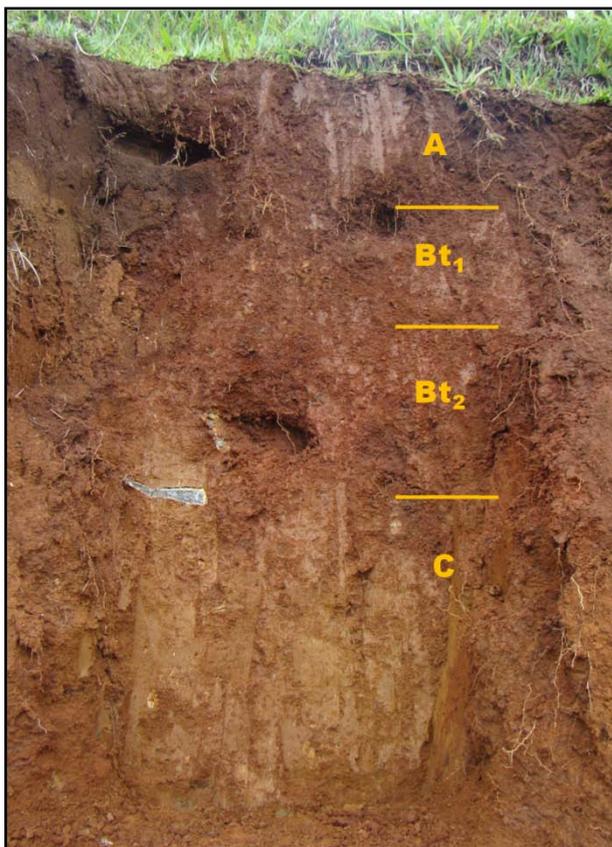


Figura 5.31. Perfil de Argissolo Vermelho.

Ocupa o terço médio da encosta, em altitude de 1.105 m, em relevo forte ondulado (declividade de 40%), bem drenado, com erosão moderada em sulcos, sob uso de pastagem e cobertura de gramíneas, sendo a profundidade do perfil superior a 200 cm. Horizonte A proeminente com espessura de 35 cm, cor bruno-muito-escura, textura média, estrutura granular forte e pequena. Transição entre os horizontes plana e clara, sendo plana e gradual apenas para Bt₂, e presença de raízes pequenas à médias, em presença de muitas em A, comuns em Bt e raras em C. Horizonte Bt com cerosidade comum e moderada, cor bruno-avermelhado-escura, relação Bt/A de 1,8, textura argilosa e média (Bt₁ e Bt₂ respectivamente), estrutura fraca em blocos subangulares (Bt₁) e blocos angulares (Bt₂), de tamanho médio.

A consistência de Bt é dura quando seco e friável quando úmido em Bt₁, e muito dura quando seco e firme quando úmido em Bt₂, plástica e ligeiramente pegajosa quando molhado para os dois horizontes. O horizonte C possui estrutura maciça, cor bruno-avermelhada e cerosidade comum e fraca.

Conforme Tabela 5.21, quimicamente o solo apresenta acidez ativa fraca (média em A), potencial média (fraca em C), e trocável muito baixa. Em geral o perfil possui soma de bases boa (média em C), CTC efetiva e potencial com valores médios, argila de baixa atividade (Tb), saturação por alumínio muito baixa. A saturação por bases é média em A e boa para os demais horizontes, acima de 50%, portanto solo eutrófico, e MOS média em A, reduzindo em profundidade até valor muito baixo em C.

T6-P4: Argissolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado (Fig.5.32)

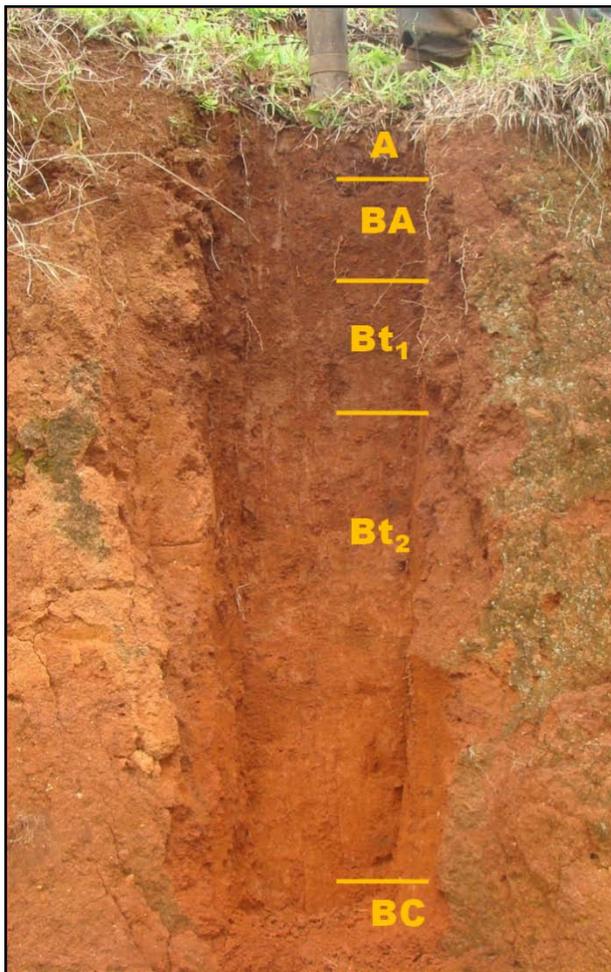


Figura 5.32. Perfil de Argissolo Vermelho.

Inserido no terço inferior, em relevo ondulado (declividade de 18%), altitude de 1.064 m, sob pasto coberto por gramíneas, com boa drenagem e erosão moderada em sulcos. Perfil com profundidade efetiva de 180 cm, textura média em A e argilosa para os demais horizontes, e transição gradual, sendo ondulada para BA e Bt₁, e plana para os demais. Horizonte A possui cor bruno-escuro, estrutura forte granular muito pequena à média, com presença de muitas raízes de diâmetros finos a médios. Horizonte BA com estrutura e presença de raízes igual ao horizonte A, sendo a cor bruno-avermelhado-escuro. Horizontes Bt com presença de cerosidade moderada e comum, com relação S/A abaixo de 0,6, cor bruno-avermelhada, estrutura moderada em blocos subangulares, pequena em Bw₁ e média em Bw₂.

A consistência nos horizontes Bt quando seco é muito dura, quando úmido é firme, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Presença de raízes finas, comuns em Bt₁ e poucas em Bt₂. Estrutura maciça no horizonte BC, ausência de raízes e cor bruno-muito-escuro.

Quanto às análises químicas, conforme Tabela 5.21, o perfil possui acidez ativa média, potencial média a muito alta, e trocável baixa a muito alta. Os valores da soma e saturação por bases são muito baixos, exceto para o horizonte A, onde a soma de bases é média e a saturação por bases é baixa, assim, solo distrófico. A CTC efetiva e a MOS possuem valores médios, tornando-se muito baixos em profundidade, CTC potencial menor que 13 cmolc/dm³, portanto, argila de baixa atividade (Tb), e saturação por alumínio média a muito alta.

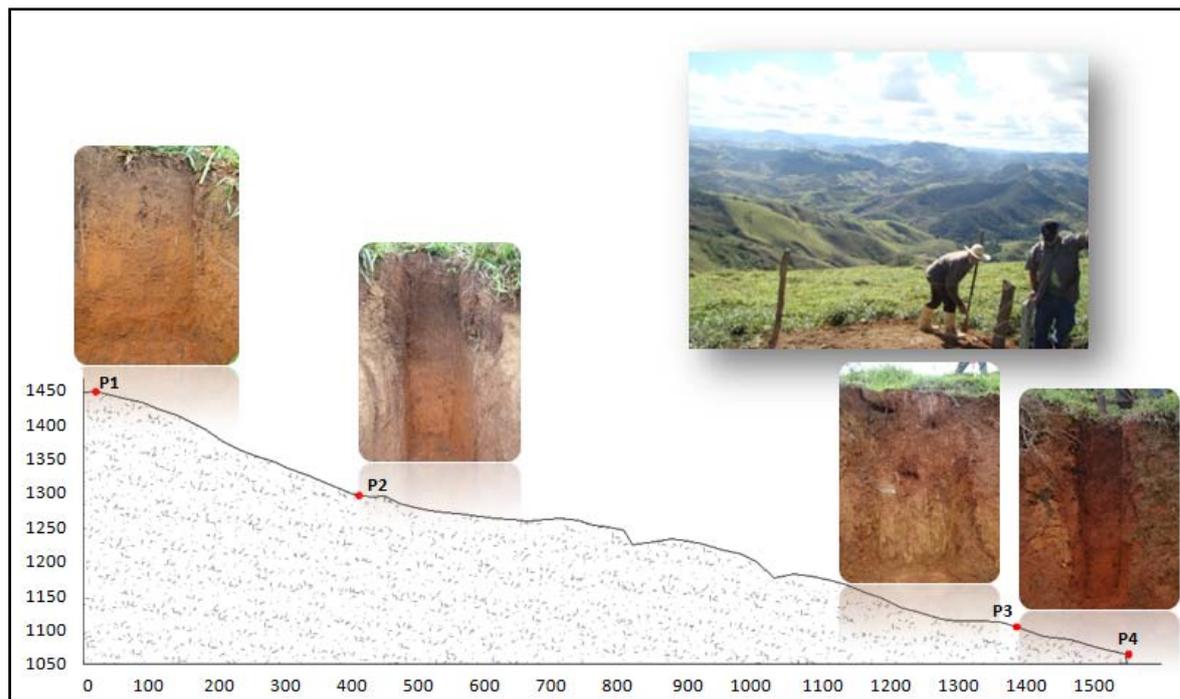


Figura 5.33. Distribuição dos perfis de solo na Catena 6.

De acordo com a Figura 5.33, a distribuição de solos na Catena 6 apresenta a classe dos Argissolos em todos os perfis, semelhante ao ocorrido na catena 4. No topo o Argissolo é Vermelho-Amarelo, já que está sujeito a clima mais ameno; possui relação textural Bt/A caracterizando mudança textural abrupta, com alteração significativa no processo de drenagem vertical; e ainda tem a presença de horizonte Bw abaixo do Bt, diferenciando estes horizontes principalmente a estrutura e cerosidade. Nos demais perfis o Argissolo é Vermelho sem a presença de horizonte Bw. Os perfis de vale suspenso e terço médio possuem horizonte A proeminente, e os de topo e terço inferior A moderado, e quanto a fertilidade oscila entre eutrófico no topo e terço médio, e distrófico no vale suspenso e terço inferior.

✓ CATENA 7

Localiza-se próxima à Reserva Serra dos Toledos, tendo o perfil do topo sob vegetação secundária, e os perfis de terço superior e inferior da encosta sob pastagem, com visíveis processos erosivos. Está entre o médio e alto compartimento. A caracterização morfológica, física e química dos solos dessa catena é apresentada nas Tabelas 5.15, 5.16 e 5.22, respectivamente. A distribuição dos perfis de solos ao longo da Catena 7 está na Figura 5.38, e os perfis de cada solo estão nas Figuras 5.34 a 5.37.



Tabela 5.15. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 7, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Cerosi- dade ⁽¹⁾	Cor Úmida	Classe textural ⁽¹⁾	Raízes ⁽²⁾	Transi- ção ⁽³⁾	Estrutura ⁽⁴⁾	Consistência ⁽⁵⁾
	cm				%			
T7-P1: Cambissolo Háplico Tb distrófico, A moderado								
A	0 - 10	sem	7,5YR 4/4	fr-arg-aren	co, fi a m.gro	gr, irre	fo, m.pq, gran	l.dr, m.fri, pla, l.peg
AB	10 - 20	sem	5YR 4/4	fr-argilosa	co, md a m.gro	gr, irre	mod, pq a gd, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
Bi	20 - 50	sem	5YR 5/4	fr-argilosa	ra, fi a md	gr, pla	mod, pq a md, b.sub	dr, fri, l.pla, l.peg
C	50 - 100 ₊	sem	5YR 4/4	fr-arenosa	Sem	-	maciça	ma, m.fri, n.pla, l.peg
T7-P2: Argissolo Vermelho distrófico latossólico, A moderado								
A	0 - 10	sem	7,5YR 3/4	franca	co, fi	gr, pla	fo, pq a md, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
BA	10 - 25	sem	5YR 4/4	argila	po, fi	cl, pla	fo, pq a md, gran	dr, fri, pla, l.peg
Bt₁	25 - 53	fr, po	5YR 3/4	argila	po, fi	gr, pla	mod, md a gd, b.sub	m.dr, fri, pla, peg
Bt₂	53 - 134	mod, co	5YR 3/4	argila	po, fi	gr, pla	fo, gd a m.gd, b.ang	m.dr, fri, l.pla, peg
Bw	134 - 180 ₊	sem	10YR 3/4	argila	ra, fi	-	fo, pq, gran	m.dr, fri, l.pla, l.peg
T7-P3: Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado								
A	0 - 10	sem	5YR 3/4	fr-arg-aren	mt, fi a md	gr, pla	mod, m.pq a pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
AB	10 - 20	sem	2,5YR 3/4	fr-arg-aren	co, md	cl, pla	mod, m.pq a pq, gran	ma, m.fri, l.pla, l.peg
Bw₁	20 - 70	sem	2,5YR 3/6	fr-argilosa	co, fi a md	gr, pla	mod, pq a md, b.sub	dr, fri, l.pla, l.peg
Bw₂	70 - 172	fr, po	2,5YR 3/6	argila	po, md	gr, pla	mod, pq a md, b.sub	m.dr, fri, l.pla, l.peg
BC	172 - 190 ₊	sem	2,5YR 3/6	fr-argilosa	Sem	-	fo, m.pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
T7-P4: Gleissolo Melânico Tb distrófico típico, A húmico								
A₁	0 - 36	sem	7,5YR 2,5/3	argila	co, md a m.gro	cl, irre	fo, pq, gran	dr, fri, pla, l.peg
A₂	36 - 70	sem	7,5YR 3/3	franca	ra, md q gro	cl, irre	mod, pq, gran	l.dr, m.fri, pla, l.peg
Cg	70 - 95 ₊	sem	10YR 4/2*	fr-arg-aren	Sem	-	-	-

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; ⁽¹⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ po: pouca, co: comum, ab: abundante. ⁽²⁾ fr-argilosa: franco-argilosa, fr-siltosa: franco-siltosa, fr-arenosa: franco-arenosa, fr-arg-aren: franco-argilo-arenosa. ⁽³⁾ mt fin: muito finas, fin: finas, md: médias, gro: grossas, mt gro: muito grossas / mt: muitas, co: comuns, po: poucas, ra: raras. ⁽⁴⁾ ab: abrupta, cl: clara, gr: gradual, di: difusa/ pla: plana, ond: ondulada, irre: irregular. ⁽⁵⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ m.pq: muito pequena, pq: pequena, md: média, gd: grande, m.gd: muito grande/ gran: granular, b.ang: blocos angulares, b.sub: blocos subangulares. ⁽⁶⁾ so: solta, ma: macia, l.dr: ligeiramente dura, dr: dura, m.dr: muito dura / m.fri: muito friável, fri: friável, fi: firme, m.fi: muito firme/ n.plas: não plástica, l.plas: ligeiramente plástica, plas: plástica, m.plas: muito plástica/ n.peg: não pegajosa, l.peg: ligeiramente pegajosa, peg: pegajosa, m.peg: muito pegajosa.



Tabela 5.16. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 7, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	S/A	IF	VTP	DS	DP
	cm	g Kg ⁻¹				%		Kg dm ⁻³	
T7-P1: Cambissolo Háplico Tb distrófico, A moderado									
A	0 - 10	464	293	244	1,20	70,4	58,4	1,14	2,54
AB	10 - 20	448	252	300	0,84	78,4	53,4	1,33	2,69
Bi	20 - 50	329	327	344	0,95	65,4	44,7	1,53	2,58
C	50 - 100 ₊	536	295	168	1,76	88,3	45,9	1,54	2,67
T7-P2: Argissolo Vermelho distrófico latossólico, A moderado									
A	0 - 10	437	293	269	1,09	78,7	44,4	1,45	2,59
BA	10 - 25	381	220	400	0,55	57,5	48,2	1,38	2,66
Bt ₁	25 - 53	312	170	518	0,33	81,3	50,5	1,38	2,68
Bt ₂	53 - 134	309	288	402	0,72	94,3	52,5	1,26	2,64
Bw	134 - 180 ₊	307	122	571	0,21	76,7	51,0	1,38	2,73
T7-P3: Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado									
A	0 - 10	451	271	278	0,98	69,0	46,1	1,40	2,59
AB	10 - 20	474	194	332	0,59	74,1	46,7	1,36	2,60
Bw ₁	20 - 70	356	251	394	0,64	80,4	52,1	1,27	2,63
Bw ₂	70 - 172	321	147	532	0,28	89,3	52,2	1,26	2,61
BC	172 - 190 ₊	267	393	340	1,16	93,0	59,9	1,09	2,73
T7-P4: Gleissolo Melânico Tb distrófico típico, A húmico									
A ₁	0 - 36	249	336	415	0,81	71,2	56,1	1,17	2,41
A ₂	36 - 70	457	301	242	1,24	68,0	44,6	1,33	2,40
Cg	70 - 95 ₊	466	268	266	1,01	86,5	-	-	2,23

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; S/A: relação silte/argila; IF: índice de floculação; VTP: volume total de poros; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula.

T7-P1: Cambissolo Háplico Tb distrófico, textura média, A moderado (Fig.5.34)

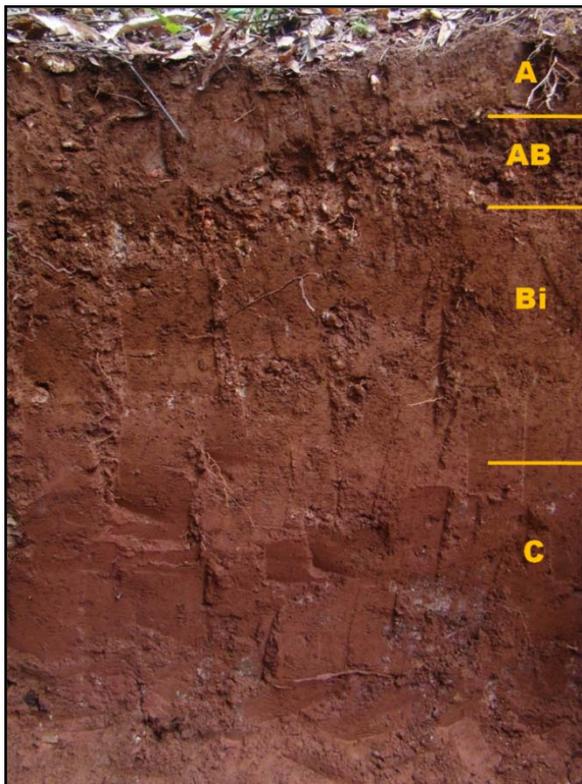


Figura 5.34. Perfil de Cambissolo Háplico.

Perfil situado no topo da encosta em relevo ondulado (13% de declividade), com altitude de 1.363 m, bem drenado, sem erosão aparente, e sob cobertura de vegetação secundária com árvores e arbustos. Profundidade efetiva de 50 cm, textura média, cor bruna no horizonte A e bruno-avermelhada nos demais horizontes com matiz 5YR, ausência de cerosidade, transição entre os horizontes gradual e irregular, sendo gradual e plana apenas para C. Para o horizonte A moderado e o AB a presença de raízes é comum, a estrutura é granular, sendo forte e muito pequena em A, e pequena à grande e moderada em AB.

Para os horizontes superficiais a consistência quando seco é ligeiramente dura, quando úmido é muito friável, e quando molhado é ligeiramente pegajosa, e plástica em A e ligeiramente plástica em AB. Horizonte B incipiente com espessura de 30 cm, relação S/A maior que 0,9, IF de 65%, estrutura moderada em blocos subangulares pequenos à médios, e consistência quando seco dura, quando úmido friável, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. A densidade do solo aumenta em Bi e C, onde as raízes se tornam raras e ausentes, sendo a estrutura no horizonte C maciça. Formado por grande quantidade de fragmentos rochosos, principalmente na base do horizonte A.

De acordo com a caracterização química, Tabela 5.22, o solo apresenta acidez ativa elevada para A e AB e média para Bi e C, acidez potencial e trocável alta, média apenas para C. Soma e saturação por bases muito baixas, portanto solo distrófico, CTC efetiva baixa, e saturação por alumínio muito alta. CTC potencial menor que $9,2 \text{ cmolc/dm}^3$, caracterizando assim argila de baixa atividade, e MOS média em A, decrescendo em profundidade até valor muito baixo em C.

T7-P2: Argissolo Vermelho distrófico latossólico, textura argilosa, A moderado

(Fig.5.35)

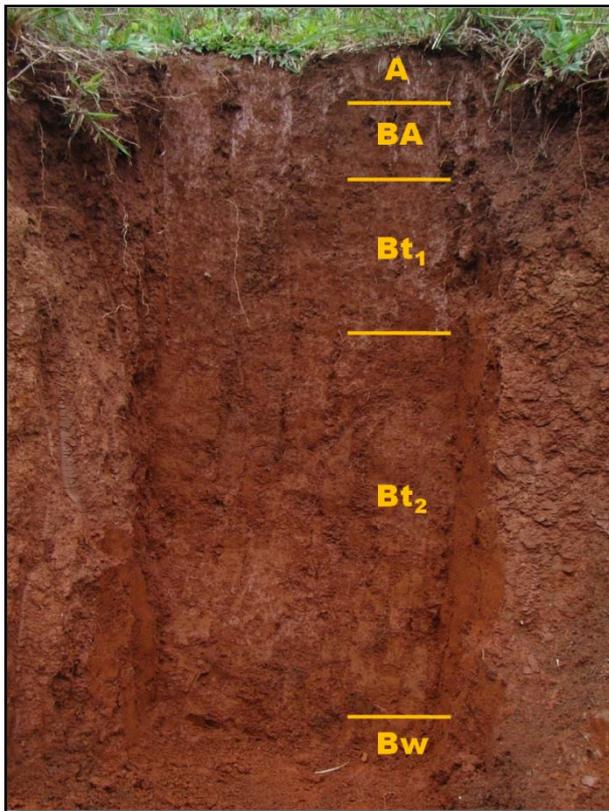


Figura 5.35. Perfil de Argissolo Vermelho.

Localizado no terço superior da encosta, com altitude de 1.240 m, em relevo forte ondulado (declividade de 29%), sob atividade de pastagem e cobertura de gramíneas, bem drenado, com erosão ligeira laminar, sendo a profundidade efetiva do perfil superior a 180 cm. Horizonte A moderado, com 10 cm de espessura, coloração úmida bruno-escuro, textura média, estrutura forte granular, de tamanho pequeno a médio. Raízes finas em todo o perfil, comuns no horizonte A, raras no Bw e poucas nos demais horizontes. As transições são graduais e planas, sendo gradual e clara apenas ao Bt₁. Horizonte de transição BA com cor bruno-avermelhada, estrutura igual ao A, e textura argilosa. Relação textural Bt/A de 1,7, sem mudança textural abrupta.

Horizontes Bt de coloração bruno-avermelhado-escuro, textura argilosa, cerosidade de fraca e pouca (Bt₁) à moderada e comum (Bt₂), estrutura no Bt₁ moderada em blocos subangulares, médios à grandes, e no Bt₂ forte em blocos angulares, grandes a muito grandes. Horizonte Bw abaixo dos Bt, com relação S/A de 0,21, coloração bruno-amarelado-escuro, ausência de cerosidade, e estrutura forte granular pequena. Consistência dos horizontes Bt e Bw quando seco muito dura, quando úmido friável, quando molhado ligeiramente plástica (plástica para Bt₁) e pegajosa (ligeiramente pegajosa em Bw).

Quimicamente o perfil possui, conforme Tabela 5.22, acidez ativa média, fraca apenas em A, acidez potencial média a muito alta, trocável muito baixa a alta. Horizonte A com soma de bases e CTC efetiva boas, saturação por bases média, sendo que para os demais horizontes a soma de bases é muito baixa a baixa, CTC efetiva baixa a média, e saturação por bases muito baixa, caracterizando solo distrófico. Saturação por alumínio muito baixa a muito alta, argila de baixa atividade e MOS boa no horizonte superficial, reduzindo-se em profundidade até se tornar baixa.

T7-P3: Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa e média, A moderado

(Fig.5.36)

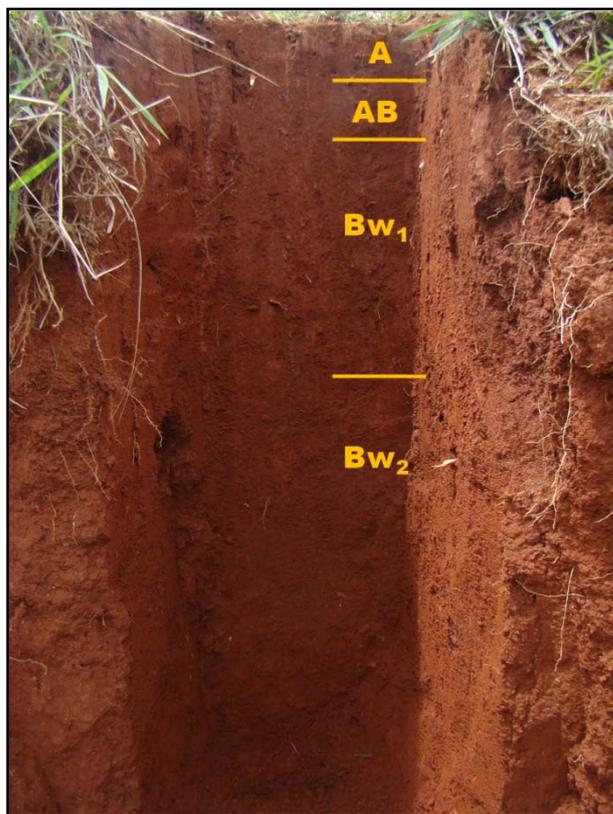


Figura 5.36. Perfil de Latossolo Vermelho.

Presente no terço inferior da encosta, altitude de 1.116 m, em relevo forte ondulado (declividade de 34%), pastagem coberta por gramíneas, com erosão moderada em sulcos, e boa drenagem. Profundidade efetiva do perfil superior a 170 cm. Horizonte A moderado, possuindo, similarmente ao AB, textura média, cor bruno-avermelhado-escuro, estrutura granular moderada de tamanho muito pequeno a pequeno, e consistência quando seco é ligeiramente dura (macia em AB), quando úmido é muito friável, e quando molhado é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. As transições entre os horizontes são graduais e planas, sendo clara e plana apenas para Bw₁, e raízes muitas em A, comuns em AB e Bw₁, poucas em Bw₂ e ausentes em BC.

Os horizontes Bw possuem cor vermelho-escuro, textura argilosa, baixa relação S/A, alto IF, cerosidade apenas em Bw₂, de forma fraca e pouca, estrutura moderada em blocos subangulares, pequenos a médios. Em BC a cor é vermelho-escuro, textura média, estrutura forte granular muito pequena. A consistência quando seco é dura em Bw₁, muito dura em Bw₂, ligeiramente dura em BC, quando úmido é friável (muito friável em BC), e quando molhado é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

De acordo com a caracterização química, Tabela 5.22, o perfil possui acidez ativa média, potencial alta (média para BC) e trocável alta (média para A e baixa para BC). Soma de bases muito baixa, baixa apenas para o horizonte A, CTC efetiva e MOS médias em A, diminuindo em profundidade até valores muito baixos. Argila de baixa atividade (Tb), saturação por alumínio variando de média a muito alta, e saturação por bases muito baixa, portanto solo distrófico.

T7-P4: Gleissolo Melânico Tb distrófico típico, textura argilosa e média, A húmico

(Fig.5.37)

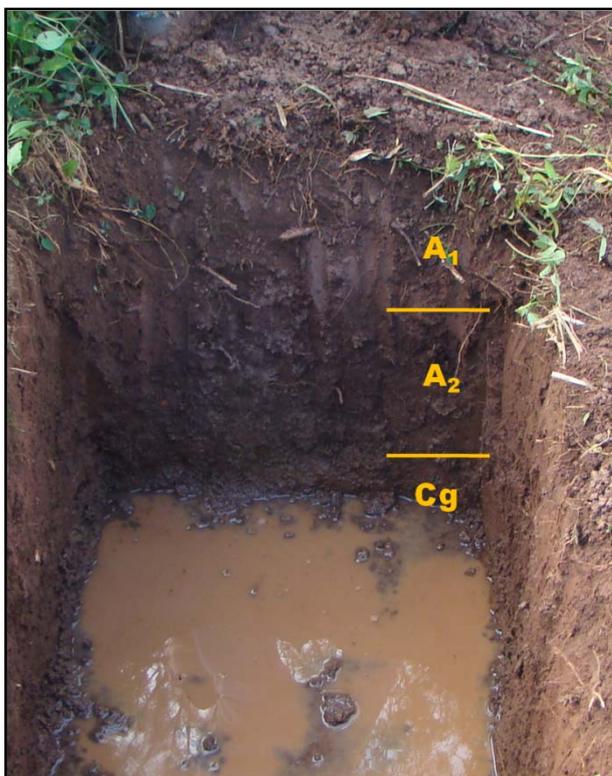


Figura 5.37. Perfil de Gleissolo Melânico.

Localizado na planície, em baixas declividades, altitude de 1.049 m, com presença de lençol freático a 70 cm da superfície e mal drenado. Está sob atividade de pastagem coberta por gramíneas e ausência de erosão aparente. Horizonte A húmico, bem espesso (70 cm), de cor bruno-muito-escura em A₁ e bruno-escura em A₂, textura argilosa em A₁ e média em A₂, possuindo teores elevados de MOS. A transição entre os horizontes é clara e irregular, com raízes comuns de diâmetro médio a muito grosso em A₁, raras de diâmetro médio a grosso em A₂, e ausentes no Cg. Horizonte Cg possui textura média e cor 10YR 4/2.

A estrutura dos horizontes superficiais é pequena granular, sendo forte em A₁ e moderada em A₂, com consistência quando seco dura (A₁) e ligeiramente dura (A₂), quando úmido friável (A₁) e muito friável (A₂), e quando molhado plástica e ligeiramente pegajosa.

De acordo com a Tabela 5.22, quimicamente o perfil possui acidez ativa média, fraca apenas para A₁, acidez potencial alta, média para Cg, e acidez trocável muito baixa, sendo alta para Cg. Os horizontes A possuem boa soma de bases, CTC efetiva e potencial, médios valores de saturação por bases e MOS, e baixa saturação por alumínio. O horizonte Cg possui alta saturação por alumínio, média CTC potencial, baixa CTC efetiva e valores muito baixos de soma e saturação por bases e MOS.

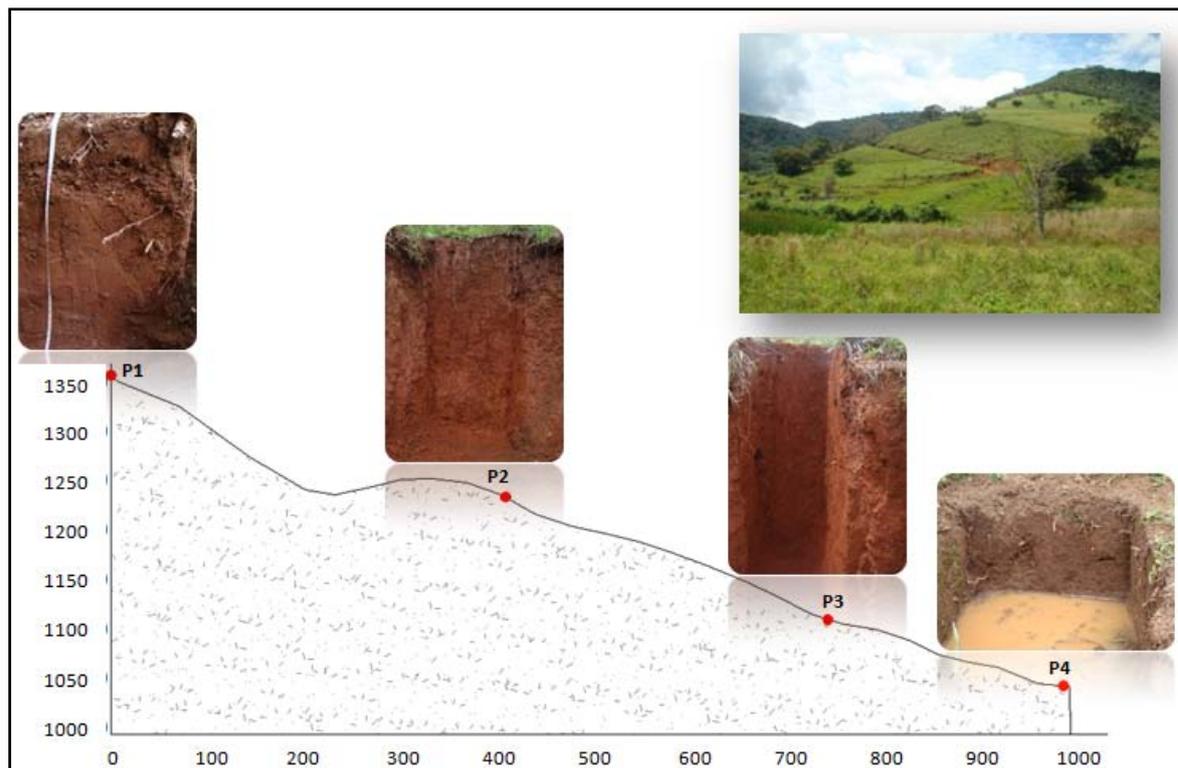


Figura 5.38. Distribuição dos perfis de solo na Catena 7.

De acordo com a Figura 5.38, a catena 7 apresenta uma distribuição evolutiva dos solos ao longo do relevo, identificando no perfil de topo Cambissolo Háplico, com profundidade efetiva de cerca de 50 cm. No terço superior ocorreu Argissolo Vermelho com presença de horizonte Bw abaixo do Bt, e no terço inferior a presença de Latossolo Vermelho, ambos com profundidade efetiva maior que 170 cm. Na planície, devido a presença de água em boa parte do ano, gera caráter hidromórfico ao solo, estando o Gleissolo Melânico, com presença de horizonte A húmico. Nos demais perfis o horizonte superficial foi A moderado, e em todos os perfis a fertilidade é enquadrada como distrófica, característica comum aos materiais de origem mais comuns na sub-bacia, ganaisse e granito. Tal distribuição de solos, menos evoluídos no topo e mais espessos no terço superior e inferior, concorda com o modelo de Ruhe (1956).

✓ CATENA 8

Está localizada entre o médio e alto compartimento, em área de pasto abandonado, inclui em suas proximidades cachoeiras, afloramento rochosos e nascentes de água. A caracterização morfológica, física e química dos solos dessa catena está representada nas Tabelas 5.17, 5.18 e 5.22, respectivamente. A distribuição dos perfis de solos ao longo da Catena 8 está representada na Figura 5.42, e os perfis de cada solo estão nas Figuras 5.39 a 5.41.



Tabela 5.17. Características morfológicas dos perfis de solo da Catena 8, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Cerosi- dade ⁽¹⁾	Cor Úmida	Classe textural ⁽¹⁾	Raízes ⁽²⁾	Transi- ção ⁽³⁾	Estrutura ⁽⁴⁾	Consistência ⁽⁵⁾
	cm				%			
T8-P1: Latossolo Bruno distrófico típico, A húmico								
A₁	0 - 25	sem	7,5YR 2,5/2	fr-arg-aren	mt, md	di, pla	mod, m.pq, gran	ma, m.fri, l.pla, l.peg
A₂	25 - 70	sem	7,5YR 2,5/2	argila	co, md	gr, pla	mod, m.pq, gran	l.dr, m.fri, pla, l.peg
AB	70 - 90	sem	7,5YR 2,5/3	argila	co, md	cl, pl	mod, m.pq, gran	dr, fri, pla, l.peg
Bw	90 - 135 ₊	sem	5YR 3/4	argila	po, fi	-	mod, m.pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
T8-P2: Argissolo Amarelo eutrófico típico, A proeminente								
A	0 - 50	Sem	7,5YR 2,5/2	fr.-arenoso	mt, md	gra, irre	mod, pq, gran	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
BA	50 - 108	sem	7,5YR 2,5/2	fr-arg-aren	mt, md	gra, irre	mod, md a gd, b.ang	dr, fi, pla, l.peg
Bt	108 a 140	sem	5YR 3/3	argila	co, fi	gra, pla	fo, pq, b.ang	dr, fi, pla, peg
BC	140 - 200 ₊	sem	5YR 3/4	franca	sem	-	maciça	dr, fi, pla, l.peg
T8-P3: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente								
A₁	0 - 18	Sem	7,5YR 3/3	fr-arenosa	co, fi a md	gra, irre	mod, pq, gran	ma, m.fri, l.pla, n.peg
A₂	18 - 35	Sem	7,5YR 3/3	fr-arenosa	co, fi a md	cl, irre	mod, pq, b.sub	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
AB	35 - 50	fr, po	7,5YR 3/4	fr-arg-aren	co, fi	gra, pla	mod, pq, b.sub	l.dr, m.fri, l.pla, l.peg
Bt₁	50 - 110	mod po	5YR 3/4	franca	ra, fi	di, pla	fo, md a gd, b.ang	m.dr, fi, l.pla, l.peg
Bt₂	110 - 140	mod, po	5YR 3/4	franca	ra, fi	di, pla	fo, pq a gd, b.ang	dr, fri, n.pla, l.peg
C	140 - 170 ₊	fr, po	5YR 3/4	franca	sem	-	mod, md a gd, b.ang	dr, fri, n.pla, l.peg

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; ⁽¹⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ po: pouca, co: comum, ab: abundante. ⁽²⁾ fr-argilosa: franco-argilosa, fr-siltosa: franco-siltosa, fr-arenosa: franco-arenosa, fr-arg-aren: franco-argilo-arenosa. ⁽³⁾ mt fin: muito finas, fin: finas, md: médias, gro: grossas, mt gro: muito grossas / mt: muitas, co: comuns, po: poucas, ra: raras. ⁽⁴⁾ ab: abrupta, cl: clara, gr: gradual, di: difusa/ pla: plana, ond: ondulada, irre: irregular. ⁽⁵⁾ fr: fraca, mod: moderada, fo: forte/ m.pq: muito pequena, pq: pequena, md: média, gd: grande, m.gd: muito grande/ gran: granular, b.ang: blocos angulares, b.sub: blocos subangulares. ⁽⁶⁾ so: solta, ma: macia, l.dr: ligeiramente dura, dr: dura, m.dr: muito dura / m.fri: muito friável, fri: friável, fi: firme, m.fi: muito firme/ n.plas: não plástica, l.plas: ligeiramente plástica, plas: plástica, m.plas: muito plástica/ n.peg: não pegajosa, l.peg: ligeiramente pegajosa, peg: pegajosa, m.peg: muito pegajosa.



Tabela 5.18. Caracterização física dos perfis de solo da Catena 8, na sub-bacia José Pereira.

Horiz.	Prof.	Areia	Silte	Argila	S/A	IF	VTP	DS	DP
	cm	-----g Kg ⁻¹ -----				-----%-----		-----Kg dm ⁻³ -----	
T8-P1: Latossolo Bruno distrófico típico, A húmico									
A ₁	0 - 25	509	207	284	0,73	89,6	53,0	1,20	2,53
A ₂	25 - 70	360	164	475	0,35	87,8	61,9	1,00	2,58
AB	70 - 90	355	157	487	0,32	88,1	62,1	0,98	2,55
Bw	90 - 135 ₊	381	91	528	0,17	97,7	51,9	1,30	2,59
T8-P2: Argissolo Amarelo eutrófico típico, A proeminente									
A	0 - 50	536	281	184	1,53	70,2	58,6	1,16	2,70
BA	50 - 108	459	208	333	0,63	81,2	43,2	1,53	2,51
Bt	108 - 140	398	198	404	0,49	78,2	43,8	1,53	2,57
BC	140 - 200 ₊	440	332	228	1,46	69,9	45,0	1,55	2,56
T8-P3: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente									
A ₁	0 - 18	564	278	158	1,76	71,5	48,2	1,36	2,48
A ₂	18 - 35	609	194	197	0,98	79,4	43,6	1,52	2,61
AB	35 - 50	502	179	318	0,56	76,8	45,9	1,50	2,64
Bt ₁	50 - 110	368	355	277	1,28	96,7	43,0	1,40	2,45
Bt ₂	110 - 140	407	350	243	1,44	96,6	49,7	1,36	2,61
C	140 - 170 ₊	458	330	213	1,55	96,0	44,9	1,49	2,57

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; S/A: relação silte/argila; IF: índice de floculação; VTP: volume total de poros; DS: densidade do solo; DP: densidade de partícula.

T8-P1: Latossolo Bruno distrófico típico, textura argilosa, A húmico (Fig.5.39)

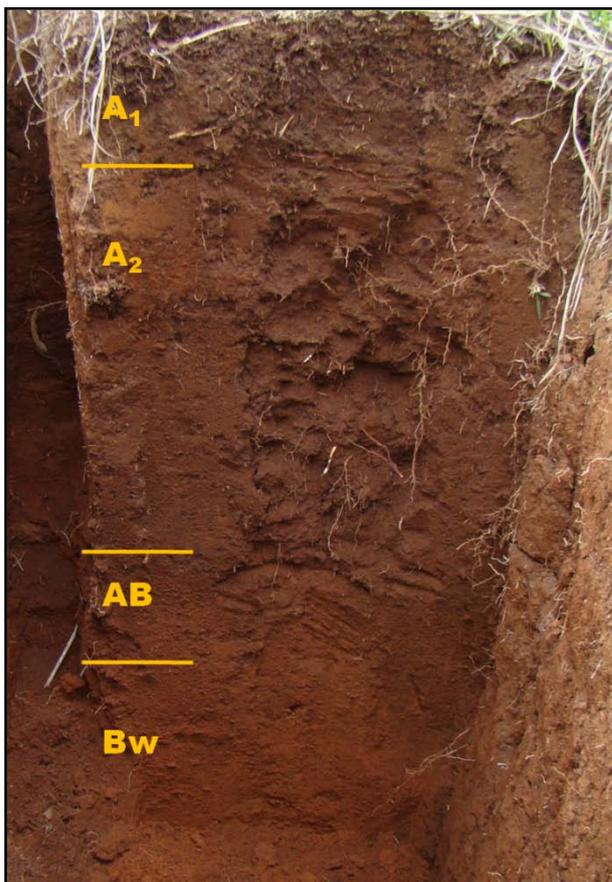


Figura 5.39. Perfil de Latossolo Bruno.

Situa-se no topo da encosta, altitude de 1.252 m, em relevo forte ondulado (declividade de 25%), área de pasto com cobertura vegetal de gramíneas, com boa drenagem, erosão não aparente, e profundidade efetiva superior a 140 cm. Textura média em A₁ e argilosa nos demais horizontes, coloração úmida bruno-muito-escura, sendo bruno-avermelhado-escura apenas para Bw, e estrutura granular muito pequena, de grau moderado. Presença de muitas raízes médias em A, comuns e médias em A₂ e AB, e finas e poucas em Bw. A transição entre os horizontes é plana, sendo difusa para A₂, gradual para AB e clara para Bw.

Horizonte Bw com relação S/A de 0,17, alto índice de floculação (97,7%), ausência de cerosidade, e consistência quando seco ligeiramente dura, quando úmido muito friável e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Quanto à caracterização química, conforme a Tabela 5.22, o perfil possui acidez ativa fraca a média, potencial alta a muito alta, e trocável média a alta. A soma de bases é boa em A₁, diminuindo em profundidade até se tornar muito baixa em Bw; de maneira contrária, a saturação por alumínio aumenta em profundidade, sendo baixa em A₁ e alta em Bw. Horizontes A e AB possuem CTC efetiva e MOS com valores médios, baixos para Bw, e boa CTC potencial, sendo média para Bw, com argila de baixa atividade (Tb). Saturação por bases menor que 50%, de muito baixa a baixa, assim solo distrófico.

T8-P2: Argissolo Amarelo eutrófico típico, textura argilosa e média, A proeminente

(Fig.5.40)

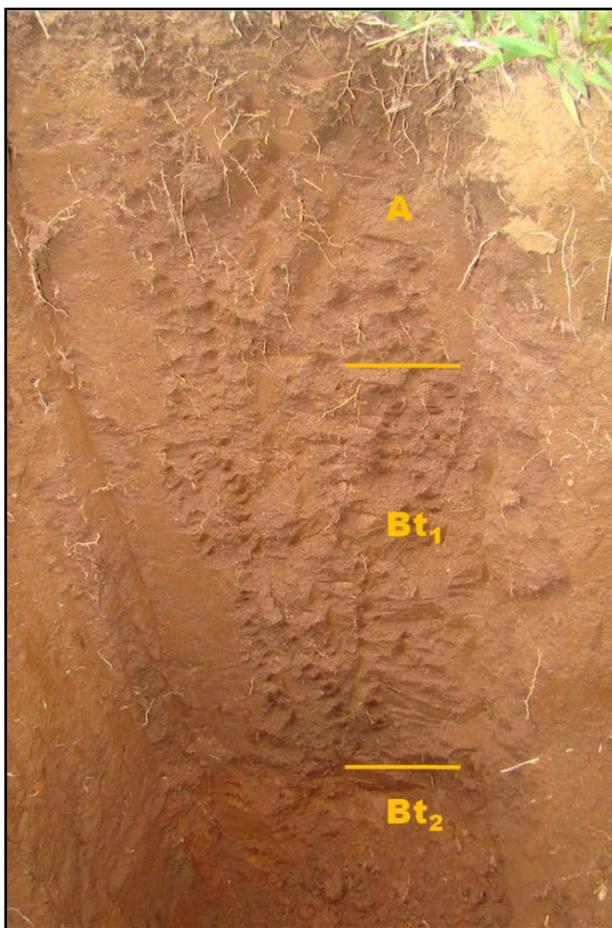


Figura 5.40. Perfil de Argissolo Amarelo.

Situado no terço superior da encosta, altitude de 1.212 m, em relevo forte ondulado (declividade de 23%), drenagem moderada, erosão ligeira laminar, utilizado como pastagem e coberto por gramíneas. Profundidade de 2 m, cor bruno-muito-escura em A e BA, e bruno-avermelhado-escura em Bt e BC, textura argilosa em Bt e nos demais média, e transição entre os horizontes é gradual e irregular, sendo plana apenas para BC. Possui horizonte A proeminente, com 50 cm de espessura, estrutura granular de grau moderado e tamanho pequeno, e consistência quando seco ligeiramente dura, quando úmido muito friável, e quando molhado ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Relação textural Bt/A de 2,0, ausência de cerosidade, cuja identificação possivelmente tenha sido dificultada pelo escurecimento de todo o perfil, densidade do solo elevada a partir do horizonte BA, superior a 1,5.

Horizontes BA e Bt com estrutura em blocos angulares, de grau moderado e de tamanho médio à grande em BA, e forte de tamanho pequeno em Bt, e estrutura maciça em BC. A consistência de BA, Bt e BC quando seco é dura, quando úmido é firme, e quando molhado é plástica e ligeiramente pegajosa (pegajosa em Bt). Muitas raízes com diâmetro médio (A e BA), comuns e finas (Bt) e ausentes (BC).

Quimicamente o perfil apresenta, conforme a Tabela 5.22, acidez ativa fraca, potencial alta em A e média nos demais horizontes, e trocável baixa em A e muito baixa nos demais. Soma de bases boa em A e Bt, muito boa em BA, média em BC, CTC efetiva boa em BA e média nos demais horizontes. Saturação por bases baixa em A e acima de 50% nos demais horizontes, portanto solo eutrófico. Saturação por alumínio muito baixa e MOS média em A, decrescendo em profundidade até valores muito baixos.

T8-P3: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, textura média, A proeminente (Fig.5.41)

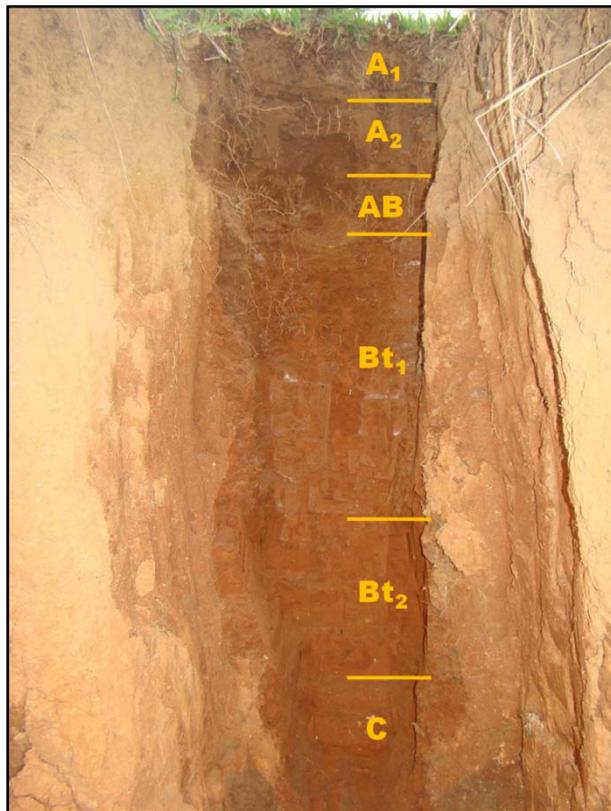


Figura 5.41. Perfil de Argissolo Vermelho.

Localiza-se no terço inferior da encosta, altitude de 1.097 m, em relevo forte ondulado (declividade de 29%), bem drenado, erosão moderada em sulcos, com atividade de pastagem e cobertura por gramíneas. Profundidade efetiva de 140 cm, com textura média em todos os horizontes, cor bruno-escura (A e AB) e bruno-avermelhado-escura (Bt e C), presença de pouca cerosidade, sendo fraca em AB e C, e moderada em Bt, e raízes em quantidade comum em A e AB, raras em Bt e ausentes em C. Estrutura nos horizontes A e AB moderada e de tamanho pequeno, granular em A₁ e em blocos subangulares em A₂ e AB. Horizontes Bt com estrutura forte em blocos angulares, médios à grandes para Bt₁ e pequenos à grandes para Bt₂.

Consistência quando seco muito dura (Bt₁) e dura (Bt₂), quando úmido firme (Bt₁) e friável (Bt₂), e quando molhado ligeiramente plástica (Bt₁) e não plástica (Bt₂), e ligeiramente pegajosa para Bt. Horizonte C possui a estrutura de Bt₁, porém em grau moderado, e a consistência de Bt₂.

De acordo com a Tabela 5.22, quimicamente o perfil apresenta acidez ativa média, fraca apenas nos horizontes Bt, acidez potencial média em Bt e C, e alta em A e AB, acidez trocável média, sendo fraca nos Bt. A soma de bases, MOS e CTC efetiva médias em A, reduzindo-se em profundidade até valores muito baixos ou baixos em C. Saturação por bases baixa em A₁ e muito baixa nos demais horizontes, solo distrófico, e argila de baixa atividade ($T_b < 10 \text{ cmolc/dm}^3$), sendo que a CTC potencial variou de boa em A₁ até baixa em C.

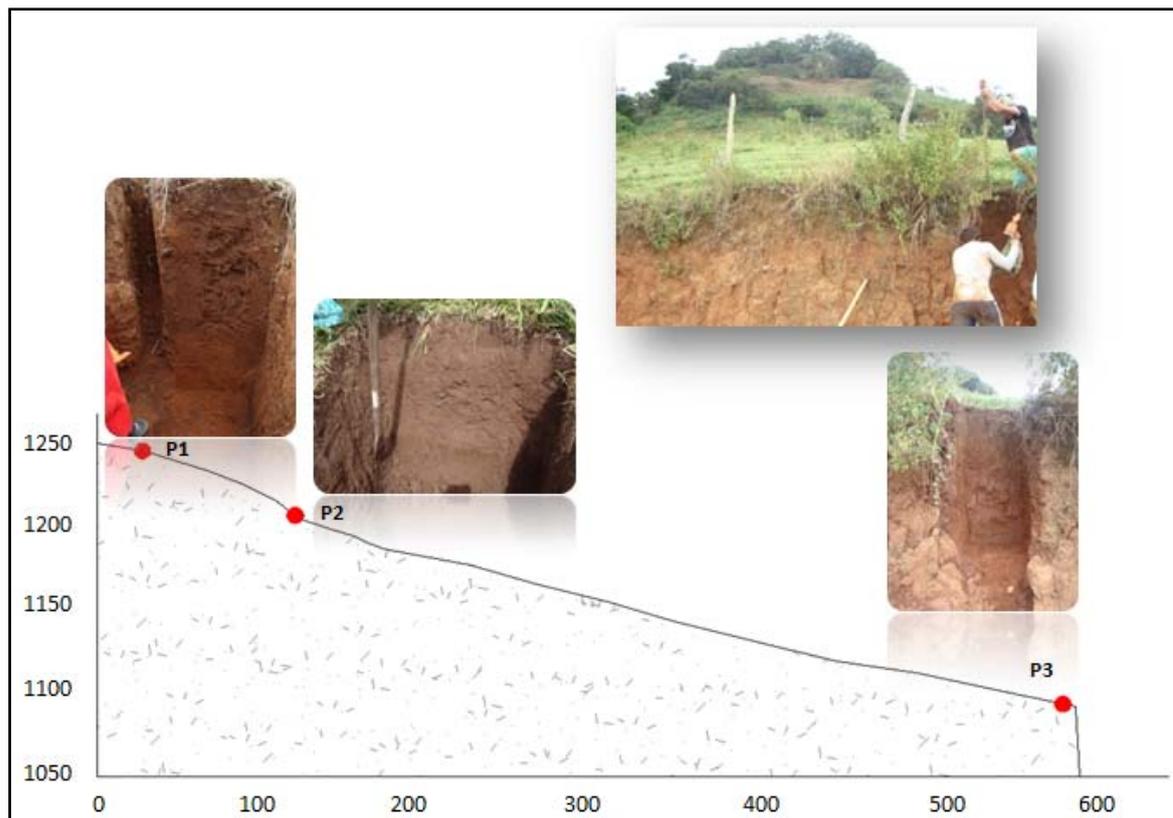


Figura 5.42. Distribuição dos perfis de solo na Catena 8.

Conforme a Figura 5.42, a distribuição de solos na catena 8 possui, no topo, o único Latossolo Bruno da sub-bacia, e no terço superior o único Argissolo Amarelo, provavelmente por se localizar em ambiente mais úmido, próximo à corpos d'água. No terço inferior identificou-se um Argissolo Vermelho. Os perfis são distróficos, com exceção do perfil de terço superior, e horizonte superficial com presença de intensa MOS, sendo enquadrados como A húmico e A proeminente. Tal distribuição de solos, mais evoluídos no topo plano, Argissolo em locais com maior fluxo de água lateral e Cambissolo em locais de maior remoção de solo também foi verificada por Anjos *et al.* (1998), em Paty do Alferes – RJ.

5.4. Caracterização Química das Classes de Solos

De acordo com a caracterização química, os perfis de solos apresentam, em geral, pH próximo de 6, variando de 4,6 a 6,9, enquadrando-se a acidez ativa de fraca à elevada. O pH em KCl está numa faixa de 4,2 a 6,2, numa média de 5, portanto apresenta-se em média 1 unidade menor que o pH em água, indicando a dominância de carga líquida superficial negativa nos colóides do solo. Portanto, a acidez dos solos da região é considerada média e pode ser explicada pelo processo de intemperismo-



lixiviação, que remove cátions básicos, e também pelo material de origem, rochas ácidas (gnaisse e granito), que são relativamente pobres em bases. A acidez potencial variou de baixa a muito alta, geralmente diminuindo seu valor em profundidade.

Segundo Novais *et al.* (2007), em solos mais intemperizados ocorre aumento do teor de argila, e assim o solo funciona muito mais como dreno do que fonte de P disponível, o que justifica teores baixos e, principalmente, muito baixos de P da área em estudo. Exceção apenas para os horizontes subsuperficiais dos Gleissolos das catenas 1 e 2, com valores variando de médios a muito bons.

A CTC potencial (T) foi inferior a 27cmolc/dm^3 , assim, a atividade da fração argila é baixa (Tb) em todos os perfis. Esta propriedade química é uma das mais importantes, pois define a capacidade do solo em reter e trocar cátions na superfície coloidal a pH 7.

A classe dos Latossolos é aquela em que a intemperização-lixiviação ocorre de forma mais pronunciada. Portanto, quando compara-se a média de valores, para a sub-bacia em estudo esta foi a classe que obteve maior acidez ativa, e conseqüentemente menor soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases.

O Neossolo foi a classe de menor acidez ativa, e junto aos Cambissolos, representam as classes de solos mais jovens. Quando compara-se a média de valores, nota-se para estas classes maior soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases.

De forma geral, a MOS se encontra em boa a média disponibilidade nos horizontes superficiais, diminuindo seus valores em profundidade, estando no último horizonte sempre em valores baixos ou muito baixos. Como o teor de MOS influencia diretamente a soma de bases (SB), e CTC efetiva e potencial, no geral, estas também foram reduzidas em profundidade. Mais de 70% dos perfis amostrados possuem baixa saturação por bases (distróficos), permitindo inferências sobre a fertilidade natural, haja visto que solos distróficos possuem menor reserva e disponibilidade de nutriente às plantas. O material de origem da sub-bacia (granito e gnaisse), em função de suas características genéticas e mineralógicas, com baixos teores de minerais primários facilmente intemperizáveis, pode ser o grande responsável pela característica distrófica dos solos, concordando com Seibert *et al.* (2007).



Tabela 5.19. Atributos químicos dos perfis de solos das Catenas 1 e 2, na sub-bacia José Pereira.

Hor	pH		MOS	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	T	V	m	P	P _{rem}
	H ₂ O	KCl													
T1-P1: Cambissolo Háplico Tb eutrófico típico, A moderado															
A	5,9	5,0	44	1,11	7,4	4,0	0,2	5,0	12,5	12,7	17,6	71,3	1,6	7,2	16,4
Bi	6,1	5,1	26	0,31	5,2	1,6	0,3	5,0	7,1	7,4	12,2	58,5	4,0	1,7	10,6
C	6,4	5,0	82	0,07	2,6	1,5	0,3	3,2	4,2	4,5	7,4	56,5	6,7	2,3	7,2
T1-P2: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico, A proeminente															
A	6,0	4,9	36	0,38	3,5	0,9	0,2	6,3	4,8	5,0	11,1	43,2	4,0	3,8	17,9
BA	6,6	5,2	19	0,21	3,8	0,5	0,1	4,5	4,5	4,6	9,1	50,1	2,2	1,1	15,0
Bt ₁	6,9	5,6	14	0,11	4,6	0,5	0,1	2,9	5,2	5,3	8,1	64,3	1,9	1,7	5,5
Bt ₂	6,9	6,0	8	0,07	4,0	0,8	0,1	2,1	5,0	5,1	7,0	70,5	2,0	2,3	3,4
T1-P3: Latossolo Amarelo distrófico típico, A moderado															
A	5,1	4,5	29	0,12	1,3	0,5	0,8	6,3	1,9	2,7	8,2	23,2	29,6	4,2	14,2
AB	5,0	4,4	20	0,08	0,2	0,1	1,3	6,3	0,4	1,7	6,7	5,9	76,8	2,6	10,3
Bw ₁	5,4	4,4	12	0,03	0,1	0,1	1,2	5,6	0,2	1,4	5,8	3,2	86,4	2,6	7,2
Bw ₂	5,9	4,8	6	0,02	0,1	0,2	0,4	3,6	0,4	0,8	4,0	9,7	50,7	5,1	2,0
T1-P4: Gleissolo Háplico Tb distrófico típico, A moderado															
A	5,5	5,0	54	0,32	8,2	3,2	0,2	5,0	11,7	11,9	16,8	69,9	1,7	10,2	28,1
Cg ₁	5,8	4,2	10	0,04	1,5	0,5	1,8	6,3	2,1	3,9	8,4	24,9	46,3	14,6	11,7
Cg ₂	5,7	4,2	4	0,06	3,4	2,1	0,7	4,5	5,6	6,3	10,1	55,2	11,2	41,7	15,0
T2-P1: Neossolo Regolítico eutrófico típico, A moderado															
A	6,1	5,1	38	0,49	3,5	1,3	0,2	4,5	5,3	5,5	9,8	54,0	3,6	2,6	18,4
C	6,6	5,7	4	0,16	4,0	1,5	0,1	1,9	5,7	5,8	7,5	75,4	1,7	2,9	4,3
T2-P2: Argissolo Vermelho distrófico latossólico, A moderado															
A	5,5	4,5	33	0,08	0,6	0,4	1,3	6,3	1,1	2,4	7,4	14,9	54,1	2,3	15,0
Bt ₁	5,4	4,5	14	0,03	0,1	0,1	1,6	5,6	0,3	1,9	5,9	4,6	85,5	1,7	5,8
Bt ₂	5,3	4,7	10	0,02	0,1	0,1	1,3	5,0	0,2	1,5	5,3	4,6	84,3	1,1	3,2
Bw	5,7	4,7	5	0,01	0,1	0,1	0,6	3,6	0,2	0,8	3,8	4,5	78,0	1,1	2,6
T2-P3: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado															
A	5,5	4,6	30	0,22	1,0	0,6	0,6	5,6	1,8	2,4	7,5	24,4	24,8	3,5	15,9
AB	5,6	4,6	22	0,09	0,4	0,2	1,3	6,3	0,7	2,0	7,0	9,6	66,0	1,7	10,6
Bt ₁	5,5	4,6	11	0,02	0,4	0,1	1,3	5,6	0,5	1,8	6,1	8,3	71,8	1,1	8,0
Bt ₂	5,7	4,6	8	0,02	0,3	0,1	0,9	5,0	0,4	1,3	5,5	8,2	66,8	2,3	3,5
Bw	5,6	4,9	5	0,02	0,3	0,1	0,4	3,2	0,4	0,8	3,7	12,2	47,2	2,9	2,7
T2-P4: Gleissolo Melânico Tb distrófico típico, A proeminente															
A	5,7	4,3	18	0,08	0,3	0,2	1,3	7,9	0,5	1,8	8,4	6,2	71,5	6,5	18,3
Cg ₁	5,6	4,2	9	0,04	0,5	0,3	1,9	8,8	0,8	2,7	9,6	8,3	70,6	22,0	7,0
Cg ₂	5,7	4,2	8	0,06	0,4	0,6	1,1	4,5	1,1	2,2	5,6	19,4	50,4	16,0	23,6

Horiz: horizonte; Prof: profundidade; MOS: matéria orgânica do solo; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica efetiva; T: Capacidade de troca catiônica potencial; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; P: fósforo disponível; P_{rem}: fósforo remanescente.



Tabela 5.20. Atributos químicos dos perfis de solos da Catena 3 e 4, na sub-bacia José Pereira.

Hor	pH		MOS	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	T	V	m	P	Prem
	H ₂ O	KCl													
T3-P1: Cambissolo Háptico Tb distrófico típico, A proeminente															
A	5,6	4,8	54	0,23	4,9	1,9	0,3	7,9	7,0	7,3	14,9	47,1	4,1	4,5	16,4
AB	5,0	4,3	33	0,13	0,6	0,7	1,5	8,8	1,4	2,9	10,2	13,7	51,7	3,2	13,3
Bi	5,4	4,5	29	0,06	0,5	1,0	0,9	5,0	1,6	2,5	6,7	24,6	35,4	1,4	16,9
BC	5,4	4,5	12	0,04	0,1	1,0	2,2	7,9	1,2	3,4	9,0	12,8	65,5	1,4	6,5
C	5,8	4,7	4	0,18	0,1	0,6	1,0	3,2	0,8	1,8	4,1	20,4	54,6	1,1	6,7
T3-P2: Argissolo Vermelho eutrófico abrupto, A moderado															
A	6,1	5,0	31	0,23	3,8	1,6	0,1	4,5	5,6	5,7	10,1	55,4	1,8	2,6	16,9
AB	5,9	4,9	21	0,13	3,1	0,8	0,3	4,5	4,1	4,4	8,6	47,5	6,8	1,7	8,0
Bt	6,4	5,6	12	0,16	2,8	1,0	0,1	2,3	3,9	4,0	6,3	62,9	2,5	7,2	4,3
C	6,6	6,2	4	0,06	1,9	1,5	0,0	1,9	3,5	3,5	5,4	65,5	0,0	2,0	3,2
T3-P3: Cambissolo Háptico Tb eutrófico típico, A moderado															
A	5,9	4,7	25	0,07	1,8	0,8	0,4	5,0	2,7	3,1	7,8	34,9	12,9	1,4	15,0
Bi	6,4	5,4	16	0,04	2,4	0,6	0,1	2,9	3,1	3,2	6,0	51,5	3,1	2,9	7,2
BC	6,7	5,8	5	0,03	1,2	1,4	0,0	1,9	2,7	2,7	4,5	58,8	0,0	3,2	7,0
C	6,7	6,1	2	0,23	0,1	2,5	0,0	1,5	2,8	2,8	4,3	65,5	0,0	1,4	1,9
T3-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado															
A	6,1	4,8	31	0,12	1,8	1,1	0,3	5,0	3,0	3,3	8,0	37,1	9,2	3,5	15,5
Big	5,9	4,7	6	0,06	0,1	0,2	0,6	3,2	0,3	0,9	3,5	8,1	67,7	2,6	12,1
Cg	6,6	4,9	2	0,12	0,4	1,6	0,3	2,3	2,1	2,4	4,4	47,6	12,5	3,5	16,4
T4-P1: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente															
A	5,8	4,9	41	0,36	3,7	1,2	0,3	5,6	5,3	5,6	10,9	48,4	5,4	2,0	18,9
BA	5,7	4,9	13	0,32	2,7	0,8	0,3	3,6	3,8	4,1	7,4	51,3	7,3	1,1	14,6
Bt ₁	6,0	4,7	11	0,22	1,5	0,7	0,5	4,0	2,4	2,9	6,5	37,6	17,0	1,1	6,5
Bt ₂	5,8	4,6	5	0,11	0,3	0,4	0,9	4,5	0,7	1,6	5,3	14,0	55,0	1,7	3,5
C	5,6	4,7	3	0,09	0,1	0,3	0,8	3,6	0,5	1,3	4,2	12,9	59,9	1,7	6,5
T4-P2: Argissolo Vermelho eutrófico abrupto, A moderado															
A	6,5	5,1	27	0,15	2,9	1,2	0,2	3,6	4,3	4,5	7,9	54,3	4,5	1,7	28,1
Bt ₁	6,6	5,1	13	0,16	3,0	1,0	0,1	2,9	4,1	4,2	7,0	58,8	2,4	1,4	10,3
Bt ₂	6,9	6,0	5	0,14	2,3	1,1	0,1	1,9	3,6	3,7	5,5	66,1	2,7	1,7	6,0
BC	6,3	6,0	3	0,09	1,9	1,3	0,1	1,7	3,3	3,4	4,9	66,2	3,0	2,6	6,7
C	6,2	5,6	2	0,13	1,2	1,4	0,1	1,7	2,7	2,8	4,4	62,2	3,5	1,4	16,9
T4-P3: Argissolo Vermelho distrófico típico, A moderado															
A	5,9	5,1	2,0	0,38	1,9	1,1	0,3	4,5	3,4	3,7	7,9	43,2	8,0	2,0	20,5
BA	6,0	4,8	1,4	0,30	0,9	0,4	0,5	4,0	1,6	2,1	5,7	28,6	23,6	1,4	15,9
Bt ₁	6,2	5,0	1,7	0,28	1,3	0,3	0,3	3,2	2,0	2,3	5,2	37,7	13,3	1,7	10,6
Bt ₂	5,8	4,9	2,0	0,15	0,8	0,3	0,4	3,6	1,2	1,6	4,9	25,4	24,5	2,0	2,6
C	5,9	4,5	2,0	0,14	0,5	0,5	1,0	3,6	1,1	2,1	4,7	23,4	47,5	2,0	8,2
T4-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado															
A	6,4	5,4	4,8	0,13	3,0	1,3	0,1	3,6	4,4	4,5	8,1	55,1	2,2	4,8	20,0
Cg ₁	6,6	5,2	2,0	0,12	1,4	0,8	0,1	3,2	2,3	2,4	5,6	41,8	4,1	2,0	12,9
Cg ₂	6,2	4,8	6,2	0,10	0,7	0,3	0,3	2,9	1,1	1,4	4,0	26,9	21,9	6,2	19,4

Horiz: horizonte; Prof: profundidade; MOS: matéria orgânica do solo; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica efetiva; T: Capacidade de troca catiônica potencial; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; P: fósforo disponível; P_{rem}: fósforo remanescente.



Tabela 5.21. Atributos químicos dos perfis de solos da Catena 5 e 6, na sub-bacia José Pereira.

Hor	pH		MOS	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	T	V	m	P	Prem
	H ₂ O	KCl													
T5-P1: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado															
A	5,5	4,6	12	0,19	0,3	0,4	1,1	7,0	0,9	2,0	7,9	11,0	55,8	2,3	10,3
AB	5,4	4,6	13	0,09	0,1	0,3	1,0	5,6	0,5	1,5	6,1	7,6	68,3	0,8	4,9
Bt ₁	5,6	4,4	9,0	0,03	0,1	0,2	0,8	4,2	0,3	1,0	4,5	7,0	70,8	0,8	4,3
Bt ₂	5,4	4,7	9	0,03	0,1	0,2	0,7	4,0	0,3	1,0	4,3	6,6	71,0	0,8	4,3
Bw	6,1	5,3	4	0,07	0,1	0,2	0,1	2,3	0,4	0,5	2,7	14,0	21,0	1,1	3,2
T5-P2: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, A moderado															
A	5,8	4,5	33	0,10	0,5	0,2	1,1	7,0	0,8	1,9	7,8	10,0	58,5	1,4	10,3
AB	5,5	4,9	24	0,06	0,1	0,1	1,5	7,9	0,2	1,7	8,1	2,6	87,6	1,4	9,6
Bt	5,5	4,4	9	0,01	0,1	0,1	0,4	3,2	0,2	0,6	3,4	4,9	70,8	0,8	2,7
Bw ₂	5,6	4,3	14	0,03	0,1	0,1	1,3	7,0	0,2	1,5	7,2	2,6	87,3	0,8	4,3
T5-P3: Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado															
A ₁	5,4	4,3	38	0,13	0,8	0,2	1,2	8,8	1,2	2,4	10,0	11,7	50,7	2,0	10,6
A ₂	5,3	4,6	38	0,10	1,4	0,1	1,1	9,8	1,6	2,7	11,4	14,0	40,7	2,0	4,3
Bw ₁	5,1	4,5	20	0,06	0,5	0,1	1,2	8,8	0,6	1,8	9,4	6,6	65,8	1,1	4,0
Bw ₂	5,4	4,6	13	0,01	0,1	0,1	1,5	7,9	0,1	1,6	8,0	1,8	91,1	1,1	2,7
T5-P4: Gleissolo Háptico Tb distrófico típico, A moderado															
A	4,9	4,3	20	0,08	0,5	0,2	1,2	7,9	0,8	2,0	8,6	8,8	61,4	4,5	15,9
Big	5,8	4,3	05	0,02	0,2	0,1	1,2	4,0	0,2	1,4	4,3	5,5	83,7	1,4	24,3
Cg	5,8	4,3	2	0,03	0,3	0,2	1,4	4,0	0,5	1,9	4,5	10,4	74,9	1,1	25,8
T6-P1: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto, A moderado															
A ₁	6,5	5,4	36	0,62	3,5	1,3	0,1	4,5	5,4	5,5	9,9	54,2	1,8	0,8	12,5
A ₂	6,5	5,5	26	0,49	3,5	1,0	0,1	3,2	5,0	5,1	8,3	60,9	1,9	0,6	14,6
Bt ₁	6,0	5,4	18	0,49	3,2	1,0	0,1	3,2	4,7	4,8	7,9	59,1	2,1	0,6	5,0
Bt ₂	6,9	5,7	12	0,38	2,0	0,8	0,1	2,9	3,2	3,3	6,1	52,8	3,0	1,1	3,2
Bw	6,9	5,9	9	0,24	1,4	0,8	0,1	2,3	2,4	2,5	4,7	50,6	4,0	1,7	2,2
T6-P2: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente															
A ₁	5,9	5,4	46	0,28	5,8	1,5	0,1	4,0	7,6	7,7	11,6	65,2	1,3	5,8	16,4
A ₂	6,5	5,2	25	0,15	4,4	0,9	0,1	5,6	5,5	5,6	11,1	49,2	1,8	4,8	13,7
A ₃	6,8	5,1	21	0,14	4,3	0,8	0,2	5,6	5,2	5,4	10,9	48,1	3,7	6,9	9,6
BA	6,0	4,7	12	0,08	1,9	0,6	0,5	5,6	2,6	3,1	8,2	31,3	16,3	6,5	9,6
Bt ₁	6,0	4,8	6	0,08	1,4	0,6	0,3	3,2	2,1	2,4	5,3	39,4	12,5	6,5	10,3
Bt ₂	6,1	5,2	4	0,09	1,3	0,8	0,2	2,9	2,2	2,4	5,1	42,9	8,4	5,8	3,9
T6-P3: Argissolo Vermelho eutrófico típico, A proeminente															
A	5,9	5,1	21	0,21	2,9	1,0	0,1	4,0	4,1	4,2	8,1	50,4	2,4	1,7	24,8
Bt ₁	6,4	5,3	12	0,13	4,0	0,6	0,1	2,9	4,8	4,9	7,7	62,3	2,0	2,0	15,9
Bt ₂	6,8	5,4	8	0,11	3,1	0,8	0,1	2,3	4,0	4,1	6,3	63,1	2,5	2,3	12,9
C	6,7	5,6	2	0,16	1,9	1,2	0,1	1,7	3,3	3,4	4,9	66,4	3,0	4,8	6,5
T6-P4: Argissolo Vermelho distrófico típico, A moderado															
A	5,8	4,5	29	0,14	1,2	0,9	1,1	8,8	2,2	3,3	11,0	20,3	33,0	2,3	7,2
BA	5,4	4,5	15	0,06	0,4	0,2	2,1	12,3	0,6	2,7	12,9	4,8	77,2	3,5	2,1
Bt ₁	5,4	4,5	9	0,03	0,1	0,1	1,9	9,8	0,1	2,0	10,0	1,5	92,8	5,8	2,3
Bt ₂	5,5	4,6	4	0,03	0,1	0,2	1,0	5,0	0,3	1,3	5,4	5,9	75,9	3,8	2,6
BC	5,7	4,8	3	0,03	0,1	0,2	0,5	3,6	0,3	0,8	3,9	8,4	60,2	5,5	5,4

Horiz: horizonte; Prof: profundidade; MOS: matéria orgânica do solo; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica efetiva; T: Capacidade de troca catiônica potencial; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; P: fósforo disponível; P_{rem}: fósforo remanescente.



Tabela 5.22. Atributos químicos dos perfis de solos da Catena 7 e 8, na sub-bacia José Pereira.

Hor	pH		MOS	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	T	V	m	P	Prem
	H ₂ O	KCl													
T7-P1: Cambissolo Háplico Tb distrófico, A moderado															
A	4,6	4,4	34	0,13	0,1	0,1	1,8	8,8	0,3	2,1	9,1	3,1	86,3	3,5	12,1
AB	4,6	4,4	24	0,09	0,1	0,1	1,4	8,8	0,2	1,6	9,0	2,3	86,9	3,5	12,1
Bi	5,4	4,5	12	0,04	0,1	0,1	1,3	5,6	0,2	1,5	5,8	2,6	89,6	0,8	11,0
C	5,9	4,6	5	0,01	0,1	0,1	0,9	2,9	0,1	1,0	3,0	4,1	88,0	0,8	12,5
T7-P2: Argissolo Vermelho distrófico latossólico, A moderado															
A	6,1	5,2	49	0,32	3,8	1,4	0,1	4,0	5,5	5,6	9,5	57,6	1,8	3,2	22,2
BA	5,7	4,7	27	0,09	1,2	0,5	0,6	7,9	1,8	2,4	9,7	18,6	25,0	1,4	6,3
Bt ₁	5,6	4,6	15	0,04	0,8	0,2	1,1	9,8	1,0	2,1	10,8	9,3	52,3	1,1	4,4
Bt ₂	5,5	4,6	10	0,02	0,3	0,1	1,2	8,8	0,4	1,6	9,2	4,5	74,5	2,0	3,3
Bw	5,7	4,5	8	0,02	0,1	0,1	1,2	7,9	0,1	1,3	8,0	1,6	90,2	2,0	3,2
T7-P3: Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado															
A	5,2	4,5	29	0,25	0,7	0,6	0,8	7,9	1,6	2,4	9,4	16,5	34,0	2,0	14,6
AB	5,1	4,5	20	0,11	0,1	0,1	1,3	7,9	0,3	1,6	8,2	3,4	82,2	1,4	10,3
Bw ₁	5,2	4,5	13	0,06	0,1	0,1	1,3	7,0	0,2	1,5	7,3	3,2	84,8	0,8	9,6
Bw ₂	5,5	4,5	9	0,04	0,1	0,1	1,2	7,9	0,2	1,4	8,1	2,5	85,4	0,8	8,5
BC	5,8	4,7	3	0,03	0,1	0,2	0,5	3,6	0,3	0,8	3,9	7,5	63,0	1,7	3,4
T7-P4: Gleissolo Melânico Tb distrófico típico, A húmico															
A ₁	6,2	4,9	24	0,09	4,0	1,1	0,2	6,3	5,2	5,4	11,5	45,1	3,7	6,9	9,9
A ₂	5,9	5,0	27	0,38	4,0	1,0	0,2	6,3	5,3	5,5	11,7	45,9	3,6	11,	12,9
Cg	6,0	4,8	3	0,04	0,3	0,3	1,5	4,0	0,6	2,1	4,6	12,8	71,7	0,8	24,3
T8-P1: Latossolo Bruno distrófico típico, A húmico															
A ₁	6,0	4,7	37	0,21	2,2	0,8	0,6	9,8	3,3	3,9	13,1	24,9	15,5	2,3	5,6
A ₂	6,1	4,7	24	0,05	1,9	0,5	1,0	8,8	2,5	3,5	11,3	22,4	28,2	0,8	3,4
AB	6,1	4,6	22	0,05	0,9	0,4	1,4	9,8	1,4	2,8	11,3	12,6	49,6	0,8	2,7
Bw	6,0	4,6	9	0,04	0,3	0,2	1,1	7,9	0,5	1,6	8,4	6,0	68,7	1,1	2,8
T8-P2: Argissolo Amarelo eutrófico típico, A proeminente															
A	6,3	4,6	24	0,08	3,7	0,4	0,4	7,9	4,2	4,6	12,1	34,7	8,7	0,8	15,0
BA	6,7	5,2	18	0,07	5,4	0,9	0,1	5,0	6,4	6,5	11,4	55,8	1,5	2,0	12,9
Bt	6,9	5,2	8	0,14	3,2	1,2	0,1	3,6	4,5	4,6	8,1	55,6	2,2	2,6	11,0
BC	6,9	5,3	4	0,16	2,4	1,0	0,1	2,9	3,5	3,6	6,4	55,0	2,7	3,5	10,3
T8-P3: Argissolo Vermelho distrófico úmbrico, A proeminente															
A ₁	5,3	4,5	30	0,15	1,5	0,8	0,6	7,0	2,4	3,0	9,4	25,2	20,2	2,3	18,4
A ₂	5,5	4,5	16	0,08	0,8	0,3	0,7	5,6	1,1	1,8	6,8	16,9	37,9	1,1	16,9
AB	5,6	4,5	10	0,07	0,7	0,1	0,9	5,6	0,9	1,8	6,5	13,2	51,2	0,8	14,2
Bt ₁	6,1	4,8	3	0,18	0,4	0,1	0,4	3,6	0,7	1,1	4,3	15,7	37,2	1,7	3,0
Bt ₂	6,2	4,8	1	0,09	0,1	0,1	0,5	3,2	0,3	0,8	3,6	9,4	59,7	2,0	2,2
C	5,9	4,7	0	0,14	0,1	0,2	0,6	3,2	0,4	1,0	3,6	10,4	61,6	2,6	3,0

Horiz: horizonte; Prof: profundidade; MOS: matéria orgânica do solo; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica efetiva; T: Capacidade de troca catiônica potencial; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; P: fósforo disponível; Prem: fósforo remanescente.



5.5. Distribuição das Classes de Solos nas Catenas

De acordo com todos os perfis estudados nas oito catenas, pode-se notar um total de 14 classes de solos, se considerado até o terceiro nível categórico, e 11 classes até o segundo nível. A forma de distribuição das classes de solo nas catenas T1, T2, T3 e T7 concordam com os estudos de Martins *et al.* (2007), Santos *et al.* (2010) e Figueiredo *et al.* (2004), além disso concordam com o modelo de distribuição de Ruhe (1956). Estas catenas apresentam solos jovens no topo, Cambissolos Háplico e Neossolo Regolítico, como resultado do processo de desnudação e perda de material (erosão > pedogênese). No terço superior, onde predomina relevo convexo e fluxo de água lateral, encontram-se os Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelos, já que tal condição facilita a remoção superficial de argila. No terço inferior, a classe de solo inclui Latossolo, Argissolo ou Cambissolo, de acordo com o relevo característico de cada catena. Por fim, nas baixadas encontram-se os Gleissolos Háplico e Melânico, concordando com Guerra e Cunha (1995), onde a deficiência de drenagem e baixa profundidade do lençol freático facilitam os fenômenos de redução, e assim a formação de solos hidromórficos, que também estão presentes em T4 e T5. Esses Gleissolos apresentam, assim como os solos de locais úmidos estudados por Souza *et al.* (2010), menor teor de argila e acentuado gradiente textural.

Nas catenas T4, T5, T6 e T8, a classe de solo que domina é dos Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelos. A catena T8, por apresentar condições mais úmidas e maior acúmulo/decomposição de MOS, é única a formar a classe de Latossolo Bruno, no topo.

A classe que predominou nas catenas foi dos Argissolos, perfazendo cerca de 52% dos perfis analisados, predominando a subordem dos Vermelhos e Vermelho-Amarelos. Seguindo em ordem de prevalência nos perfis estão os Gleissolos (19%), Latossolos (13%), Cambissolos (13%) e o Neossolo (3%).

Apesar de haver quatro diferentes convenções geológicas na sub-bacia, estas não alteraram significativamente a formação dos solos, uma vez que os gnaisses e granitos são semelhantes na sua constituição mineralógica. Portanto a geomorfologia é mais atuante no processo de formação das classes do solo do que o material de origem. Exceção se dá no perfil T3-P2, Argissolo Vermelho eutrófico abruptico, onde foi identificada presença de rocha máfica como material de origem, portanto apesar desta convenção não ter sido identificada na mapa de geologia (Figura 4.4), devido problemas relativos à escala, ocorre intrusão de material máfico na sub-bacia em estudo, influenciando a formação dos solos, além da clara influência dos sedimentos nas planícies de inundação.

A maior parte dos horizontes superficiais encontrado nos perfis estudados, quase 70%, foi A moderado, seguido do A proeminente, cerca de 26%, e por fim A húmico, com cerca de 6%. Tal fato concorda com Oliveira (2008), onde afirma que em regiões tropicais úmidas predomina horizonte superficial A



moderado, e em clima mais ameno, como ocorre na sub-bacia em estudo, pode resultar em A proeminente. Além disso, em condições mais extremas notou-se o surgimento do horizonte A húmico.

A cor de solo que predominou na sub-bacia foi vermelha, dominando locais onde as condições de relevo permitem uma boa drenagem e assim predomínio do óxido de ferro hematita. A segunda cor dominante nos solos, também bem expressiva, foi vermelho-amarela, principalmente em locais com clima mais ameno e úmido, estabelecendo relação hematita/goethita média. Nos locais de acúmulo de água, devido aos processos de redução e lavagem dos óxidos de Fe e Al, restaram solos cinzentos ou até mesmo brunos, quando estes recebem aporte de MOS. O reflexo do relevo na cor dos solos identificados na sub-bacia concorda com estudo de Ferreira *et al.* (2010).

5.6. Mapeamento e Caracterização das Classes de Solo

O mapa de solos gerado está presente na Figura 5.43, onde foi possível individualizar seis classes de solo até o segundo nível categórico, e oito unidades de mapeamento de solos. Algumas classes de solo puderam ser observadas nas catenas, mas não foram contempladas no mapa, como o Neossolo Regolítico, Gleissolo Melânico, Latossolo Amarelo e Bruno e Argissolo Amarelo. Isso porque tais classes tiveram suas áreas menores que a mínima mapeável (10 ha), portanto entram como inclusão na legenda do mapa de solos. A classe dos Neossolos Flúvicos foi observada em campo, porém para este estudo não foi incluída, constituindo, portanto, inclusão na classe dos Gleissolos Háplicos.

As informações permitiram que o mapa fosse gerado na escala 1:25.000. Segundo Resende *et al.* (2007), este tipo de levantamento é adequado para provimento de bases para seleção de áreas com maior potencial de uso intensivo da terra e para identificação de problemas localizados, nos planejamentos gerais de uso e conservação dos solos.

Conforme o mapa de solos, os Cambissolos Háplicos ocupam o relevo montanhoso, e de acordo com as catenas, a posição de topo de encosta. Nestas condições de relevo, os processos de rejuvenescimento (intensa erosão) não permitem o aprofundamento e envelhecimento do perfil, justificando a presença do horizonte B incipiente com espessura média de apenas 30 cm. O Cambissolo mais desenvolvido (T3-P3) foi encontrado no terço inferior da encosta, onde os processos de coluvionamento atuam com mais intensidade. A textura foi média a argilosa, e a fertilidade natural enquadrou os solos como distróficos e eutróficos. Como a sub-bacia possui relevo movimentado, os Cambissolos ocupam expressivos 26% da área, predominantemente no alto e médio compartimento topomorfológico (Figura 5.44).

O Neossolo Regolítico, assim como o Litólico, possui baixo potencial relativo de uso, devido à presença de contato lítico ou saprolítico muito próximo da superfície. No caso da sub-bacia, o



Neossolo Regolítico é um perfil raso, com 50 cm de profundidade efetiva, onde há baixa disponibilidade de água e nutrientes, influenciando no rareamento das raízes a partir dos 10 cm, assim, apenas algumas espécies mais resistentes conseguem se estabelecer. A textura é de argilosa à média, possui alta saturação por bases, caracterizando solo eutrófico. No mapa de solos gerado, os Neossolos Regolíticos e Litólicos não puderam ser contemplados como unidades de mapeamento, mas como estão relacionados à declividade acentuada, relevo montanhoso e escarpado, e afloramento rochosos, constituem inclusão na unidade do Cambissolo Háplico (CX).

Como o relevo é atuante na sub-bacia, as baixadas formam zonas de acúmulo de água, condicionando aos solos, formados em situações de relevos planos nos sopés das encostas, características hidromórficas. Como o baixo compartimento abrange as menores declividades e altitudes, há o predomínio da classe dos Gleissolos, que ocupam 7% da sub-bacia (Figura 5.43). Além disso, ocorre na sub-bacia a formação de vales suspensos, onde também são encontrados estes solos. No entanto, como estão espalhados e, muitas vezes, com área menor do que a mínima mapeável, nem todos os Gleissolos classificados nas catenas puderam ser contemplados na legenda do mapa pedológico. Muitos solos contidos na área urbana da bacia encontram-se nesta classe, e mesmo não sendo indicados para construção civil, têm sido largamente utilizados para tal fim.

Os perfis de Gleissolos estudados nas catenas estão sob drenagem deficiente, principalmente pela posição do relevo e presença de lençol freático próximo à superfície, em média a 70 cm de profundidade. Exceção se dá no caso do perfil T3-P4, devido ao intenso processo de coluvionamento, que gera um espesso horizonte Big (75 cm), e assim maior profundidade do perfil (lençol freático a 130 cm). As raízes, em geral, se limitam ao horizonte superficial, sendo encontradas em rara quantidade a partir do horizonte gleizado devido condições de anoxia. Foi encontrada nos horizontes gleis baixa a média fertilidade natural, portanto solos distróficos, estrutura maciça, textura média, sendo a classe de solo com maior porcentagem de areia e menor de argila. No geral, as cores de fundo são cinzentas ou acinzentadas e com presença de mosqueados. Inclusos nesta unidade de mapeamento estão os Gleissolos Melânicos e grande parte dos Neossolos Flúvicos.

Os Latossolos predominaram no relevo plano-ondulado, principalmente nos topos de morros, concordando com Guerra e Cunha (1995), onde solos de relevo mais suave tendem a se tornar mais profundos. De acordo com os perfis analisados, esta classe apresenta baixa fertilidade natural, todos são distróficos e com profundidade efetiva média de 2 m, constituindo a classe com estágio de intemperismo-lixiviação mais avançado da sub-bacia. Horizonte B latossólico com estrutura granular e em alguns casos subangular, de grau moderado a forte, textura média no horizonte superficial e argilosa nos demais, não constituindo gradiente textural suficiente para caracterizar Bt. As subordens encontradas foram Bruno, Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo, sendo as duas últimas contempladas no mapa de solos, perfazendo cerca de 6% da sub-bacia.



Os Argissolos constituíram a unidade de mapeamento dominante na sub-bacia do ribeirão José Pereira, representando 56% da área, e contemplados em mais de 50% dos perfis de solo, predominantemente nas subordens de Vermelho e Vermelho-Amarelo, ocupando o relevo ondulado e forte ondulado.

De acordo com os perfis de Argissolos analisados, a profundidade efetiva média foi de 160 cm, sendo que parte considerável possui o perfil bem profundo, superior a 200 m. A cerosidade está presente em grau moderado a forte, e em quantidade comum a abundante, exceção apenas ao perfil T8-P2, onde a coloração escura do solo (bruno-muito-escura e bruno-avermelhado-escura) parece ter dificultado a identificação da cerosidade a campo. Na maioria dos perfis, a presença de horizonte B textural não foi fator inibidor do crescimento das raízes, exceto em T4-P1 e T8-P3, onde as raízes são raras. A estrutura predominante foi em blocos subangulares com grau moderado, seguida de blocos angulares, também com grau moderado. A maior parte dos perfis apresenta textura média nos horizontes superficiais e argilosa nos subsuperficiais, principalmente em função do processo de lessivagem do horizonte A ao B, indicada pela cerosidade.

Quanto à relação textural B/A, cerca de 70% dos perfis apresentaram relação superior a 1,7. No entanto, a mudança textural abrupta está presente somente nos perfis T3-P2, T4-P2 e T6-P1. Segundo Oliveira (2008), a mudança textural abrupta é um dos atributos diagnósticos de maior relevância do ponto de vista agrônomo e geotécnico, pois indica horizontes com comportamento físico contrastante, especialmente quando relacionado à dinâmica da água

Em 40% dos Argissolos foi encontrado, abaixo do horizonte Bt, horizonte Bw. Nesses perfis foi observado que nas camadas mais superficiais havia maior adensamento e cerosidade moderada nos agregados, enquanto que em profundidade o solo se tornava mais friável, com estrutura granular e cerosidade fraca a ausente, características de horizontes B latossólicos. Nesse contexto, os horizontes subsuperficiais mais densos e com cerosidade moderada foram classificados como Bt, enquanto os horizontes subsuperficiais mais friáveis e com cerosidade fraca ou ausente, como Bw. Portanto, trata-se de Argissolos com sub-grupo latossólico. Essa porcentagem de ocorrência desse processo pedogenético diferencial (40%) merece ser devidamente registrada na literatura específica.

Observando a paisagem local, verifica-se que os topos dos morros são aproximadamente concordantes, além disso, há ausência de afloramento rochoso, mesmo nas porções mais íngremes da maior parte da paisagem da sub-bacia. Esse cenário supõe que, no pretérito o relevo era plano (chapada) e o intemperismo-lixiviação propiciou a formação de Latossolos. Posteriormente, houve eventos de instabilidade, que podem ter ocorrido pelo abaixamento do nível de base ou soerguimento da crosta, desencadeando retomada da erosão (geológica) com conseqüente dissecação do relevo. Além disso, materiais mais novos situados em cotas mais elevadas recobriram os Latossolos, ficando tais materiais sujeitos a um novo ciclo de intemperismo-lixiviação, cujo relevo atual é mais favorável à formação de horizontes B texturais, situando-se estes em posição diagnóstica superior aos horizontes B latossólicos, tendo assim prevalência taxonômica. Dessa forma, verifica-se que a paisagem analisada ainda é



instável, com relação erosão/pedogênese alta, ou seja, nesse local a erosão supera a pedogênese por unidade de tempo. Isso ajuda a explicar a ocorrência, não muito comum, de Bw em relevo íngreme e movimentado. Tal fato concorda com o modelo de K-ciclos de Butler (1959), onde o desenvolvimento do solo é dado por duas fases: instabilidade (processos de erosão/deposição) e estabilidade (processos pedogenéticos). Concorda também com o sistema de transformação de Boulet (1990), o que corresponde à transformação de uma cobertura inicial em outra cobertura.

A comparação do mapa de solos gerado neste estudo aos mapas da FEAM (2010) e do Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983), evidencia que a classe de solo dominante em todos os casos foi a dos Argissolos, principalmente nas sub-ordens de Vermelho e Vermelho-Amarelo. Assim, nota-se que os mapas anteriores em menor escala produziram informações gerais concordantes com o mapa atual de maior detalhamento. Porém, devido à pequena dimensão da sub-bacia quando comparada à escala de mapeamento do FEAM (1:600.000) e do RADAMBRASIL (1:1.000.000), as classes dos Cambissolos e Gleissolos, significativas no atual mapeamento, 26% e 7% respectivamente, não puderam ser anteriormente incluídas na legenda dos respectivos mapas. Além disso, os mapas anteriores forneceram uma base segura e confiável para a confecção do mapa atual.

Atualmente, com o avanço dos programas de geoprocessamento e a facilidade em processar as informações disponíveis, faz com que muitos usuários gerem mapas ditos mais detalhados apenas pela ampliação da mesma base de dados de mapas de pequena escala, sem realizar o indispensável trabalho de prospecção correspondente de campo. De acordo com Costa *et al.* (2009), essa prática não é aconselhável, podendo levar à interpretações incorretas. Estes mesmo autores estudando uma sub-bacia no Rio Grande do Sul, puderam notar que as informações pelos mapas ampliados identificam apenas uma unidade de mapeamento, enquanto que o levantamento detalhado identificou doze unidades, concluindo que os mapas de escala pequena ampliados não são apropriados para gerar informações relevantes à aptidão silvicultural das terras para o cultivo do eucalipto.

Conforme Giasson *et al.* (2006), a falta de levantamento de solos em escala adequada traz como consequência a má utilização dos recursos naturais. Assim, mapas em escala mais detalhados, como o desenvolvido pelo presente estudo, geram uma melhor estratificação dos ambientes, sendo, segundo Dalmolin *et al.* (2004), mais adequados para o planejamento de uso e manejo de solos em municípios, bacias e sub-bacias hidrográficas e propriedades rurais.

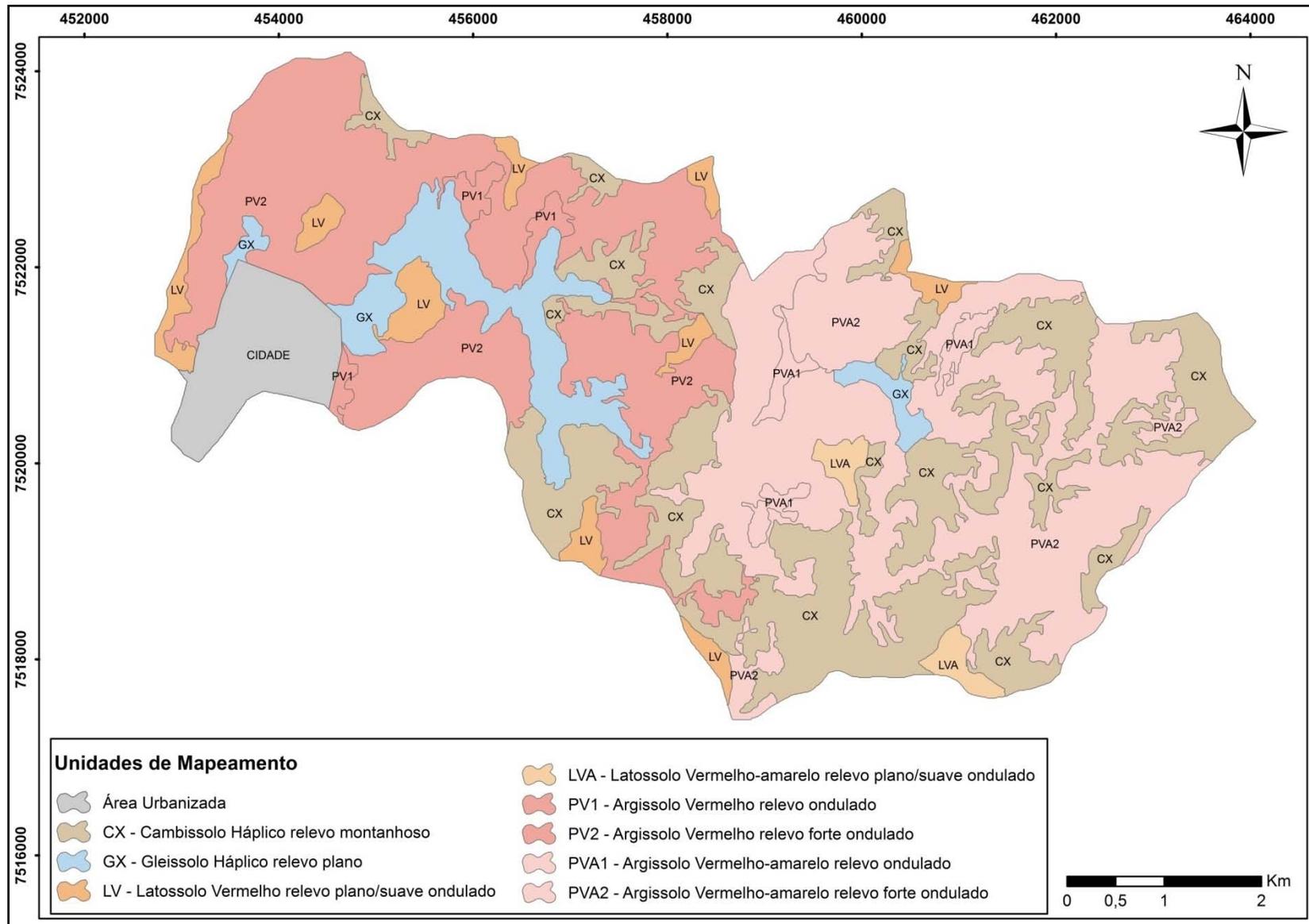


Figura 5.43. Mapa de Solos da sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira (1:25.000).



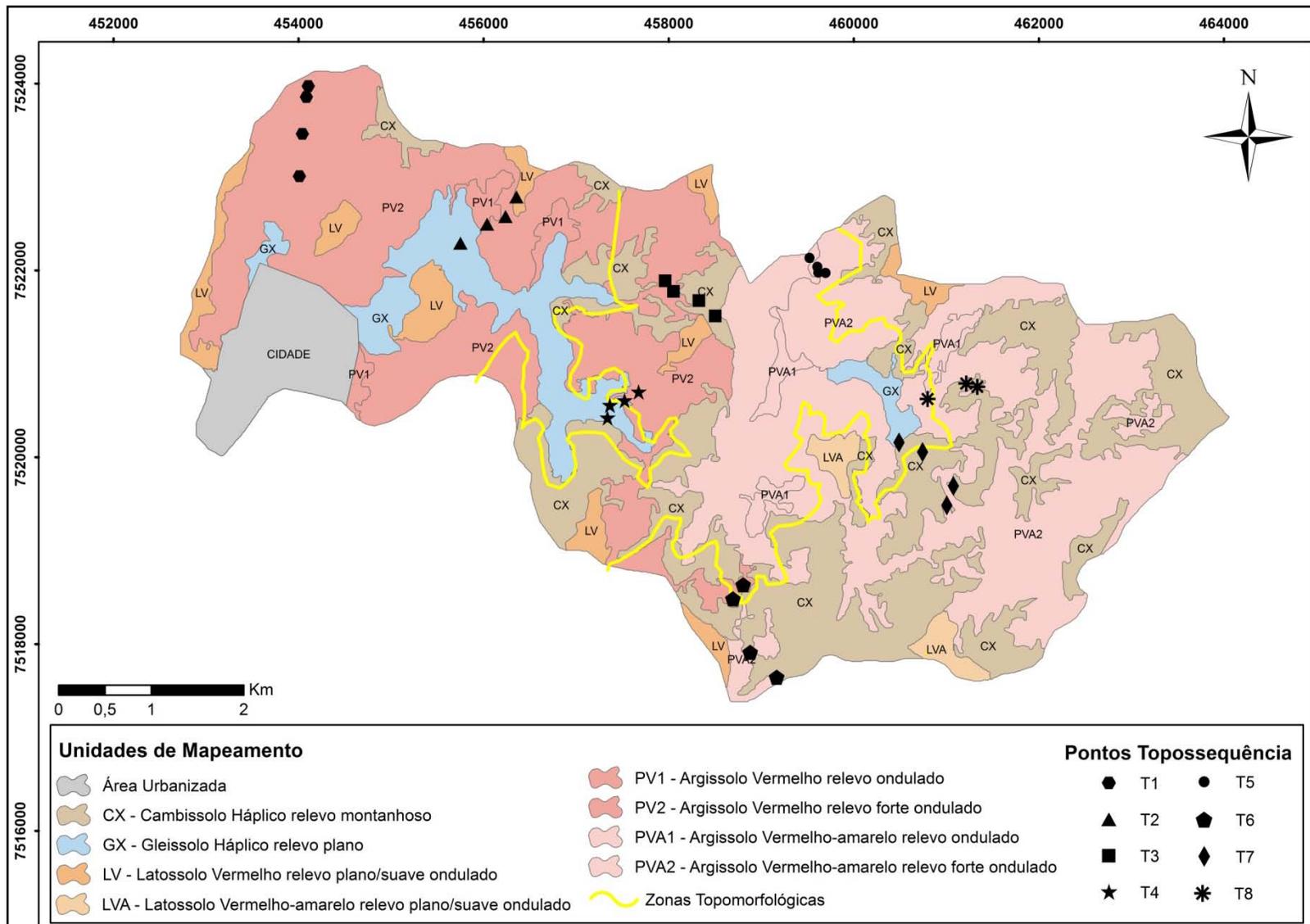


Figura 5.44. Mapa de Solos com as catenas e as zonas topomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira (1:25.000)



5.7. Modelo Proposto de Evolução dos Solos na Sub-bacia

Com base nos resultados conjuntos obtidos, a Figura 5.45 representa uma proposição de modelo de evolução local dos solos da sub-bacia. Os solos mais jovens, Cambissolo Háplico (CX) e Gleissolo Háplico (GX), ocupam as posições de topo convexo e a planície de inundação, respectivamente. No caso do Cambissolo, a taxa pedogênese/erosão mais baixa é consentânea com a ocorrência do horizonte B incipiente. No tocante ao Gleissolo, as inundações frequentes associadas à sua posição receptora na paisagem ajudam a explicar a ocorrência do horizonte glei.

Finalmente, nos terços superior e inferior da encosta o predomínio de Argissolo Vermelho (PV) está relacionado à renovação constante de material relativamente mais novo (subsuperficial), dificultando que o estágio latossólico seja atingido e permitindo que a condição de solo maduro, com horizonte Bt, esteja em equilíbrio com tal ambiente pedogeomorfológico. Além disso, parte desses Argissolos apresentam horizonte Bw abaixo do Bt, indicando recobrimento de antigos Latossolos com a formação de Argissolos sobre estes. Ainda, no terço inferior pode-se notar a presença de Latossolos, até mesmo em área com alta declividade.

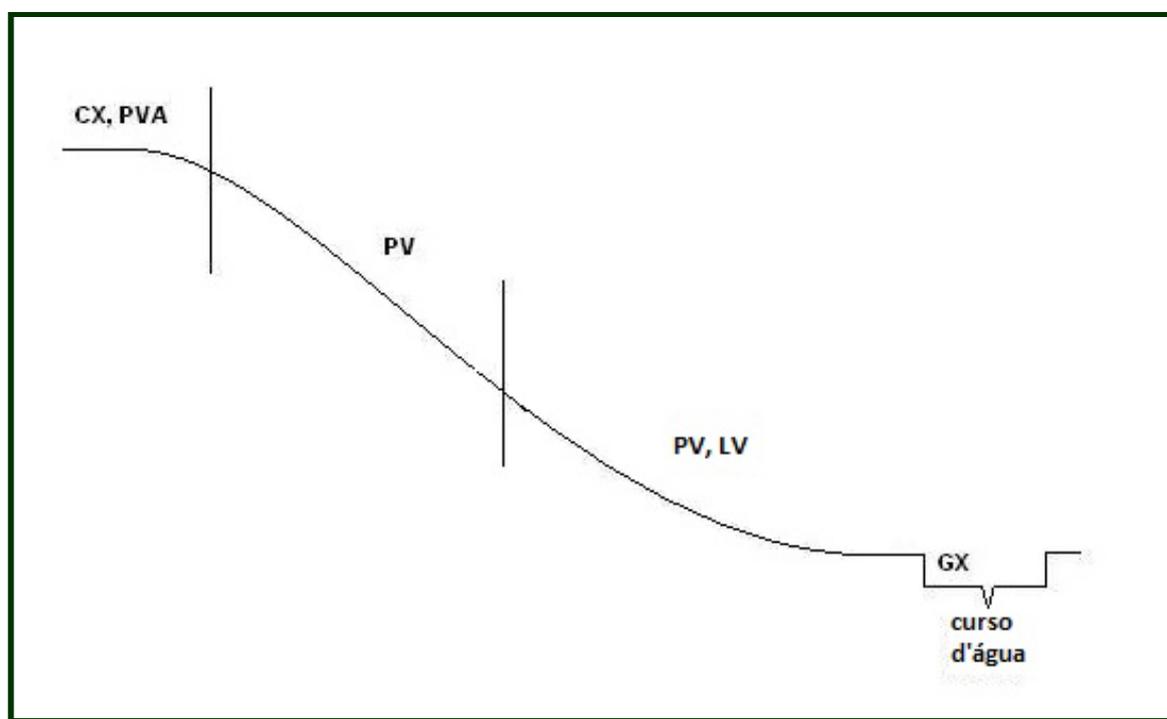


Figura 5.45. Distribuição idealizada dos principais solos na paisagem da sub-bacia hidrológica do ribeirão José Pereira.

Onde CX - Cambissolo Háplico, PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo, PV - Argissolo Vermelho, LV - Latossolo Vermelho e GX - Gleissolo Háplico.



6. CONCLUSÃO

- ✓ As catenas selecionadas e estudadas contemplaram a variabilidade das classes de solos associadas às relações solo-paisagens pretéritas e atuais na área da sub-bacia.
- ✓ O modelo de evolução local dos solos proposto para a sub-bacia, indicam solos mais jovens no topo convexo (Cambissolos) e na planície (Gleissolos), e no terço superior e inferior da encosta predomina os Argissolos. No terço inferior os Argissolos apresentam a característica peculiar da ocorrência de horizonte Bw abaixo do Bt.
- ✓ A ocorrência generalizada do horizonte Bw abaixo do Bt na maioria dos Argissolos é incremental aos modelos de gênese do solo no sudeste brasileiro.
- ✓ As oito catenas selecionadas e o trabalho de campo permitiram a elaboração adequada de um mapa de solos na escala 1:25.000, que mostrou predomínio da classe dos Argissolos, cerca de 56% da sub-bacia.
- ✓ Os mapas de solos anteriores e o atual revelaram consistência de padrões de distribuição e expressão geográfica das unidades de mapeamento em consonância com suas respectivas escalas.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A.N. **Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do Planalto Brasileiro.** Tese de Livre-Docência, FFCL Universidade de São Paulo. São Paulo, p.197, 1965.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

AMARAL, F.C.S. do; SANTOS, H.G. dos; ÁGLIO, M.L.D.; DUARTE, M.N.; PEREIRA, N.R.; OLIVEIRA, R.P. de; CARVALHO JÚNIOR, W. de. **Mapeamento de solos de aptidão agrícola das terras do estado de Minas Gerais.** Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, p.95, 2004. (EMBRAPA Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63).

ANJOS, L.H.C.; FERNANDES, M.R.; PEREIRA, M.G.; FRANZMEIER, D.P. Landscape and pedogenesis of an Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in Southeastern Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v.62, p.1651-1658, 1998.

BARBOSA, I.O.; LACERDA, M.P.C. Relações pedomorfogeológicas nas Chapadas Elevadas do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.273-283, 2009.

BERTOL, I.; GOMES, K.E.; DENARDIN, R.B.N.; MACHADO, L.A.Z.; MARASCHIN, G.E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.779-786, 1998.

BIRKELAND, P. W. **Soil and Geomorphology.** New York: Oxford University, 1984. 372p.

BOULET, R. Os sistemas de transformação em pedologia. **Boletim de Geografia Teórica**, Brasil, v.20, n.39, p. 45-63, 1990.

BRASIL. MINISTERIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RADAM Volume 32. Folhas SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória.** Mapa Exploratório de Solos. Rio de Janeiro, 1983.

BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; McCRAKEN, R.J. **Soil genesis and classification.** Ames, The Iowa State University Press, p. 360, 1973. In: OLIVEIRA, J.B. **Pedologia Aplicada.** Piracicaba: FEALQ, 3 ed, p.592, 2008.

BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; McCRAKEN, R.J. **Soil genesis and classification.** 2.ed. Ames, The Iowa State University Press, p.406, 1980. In: SANTOS, A.C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L.H.C.; BERNINI, T.A.; COOPER, M.; NUMMER, A.R.; FRANCELINO, M.R. Gênese e classificação de solos numa topossequência no ambiente de mar de morros do médio Vale do Paraíba do Sul, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2010.



BUTLER, B.E. **Periodic phenomena in landscapes as a basis for soil studies**. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia - Soil, 1959.

CAMARGO, F.A.O.; ALVAREZ, V.H.; BAVEYE, P.C. Brazilian Soil Science: From Its Inception to the Future, and Beyond. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.589-599, 2010.

CAMPOS, M.C.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MONTANARI, R.; CAMARGO, L.A. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região e Pereira Barreto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.519-529, 2007.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M R.; SOUZA JUNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R.; SOUZA, R.V.C.C. Relação solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.13-23, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo. Edgard Blucher, p. 188, 1980.

CLEMENTE, E. P.; SCHAEFER, C. E.; OLIVEIRA, F. S.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALVES, R. J.; FIRME SÁ, M. M.; MELO, V. F.; CORRÊA, G. R. Topossequência de solos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, 2009.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSMG (Lavras, MG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, p.359, 1999.

CONAMA. **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Publicação DOU: 13/05/2002.

CONTE, O.; WESP, C.L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.579-587, 2011.

COSTA, A.M.; CURTI, N.; MENEZES, M.D.; ARAÚJO, E.F.; MARQUES, J.J. Levantamento detalhado de solos da microbacia hidrográfica do Horto Florestal Terra Dura (RS) e considerações sobre escalas de mapeamento. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1272-1279, set./out., 2009.

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURTI, N.; PEREIRA, G.T.; LEPSCH, I.F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma seqüência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.81-90, 2005.

DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; PEDRON, F. A.; AZEVEDO, A. C. Relação entre as características e o uso das informações de levantamentos de solos de diferentes escalas. **Ciência Rural**, v.34, p.1479-1486, 2004.

DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.E.; CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Advances in Agronomy**, v.23, p.51-87, 1971.



DEMATTÊ, J.L.I.; MARCONI, A.; SPAROVEK, G. & VIDAL-TORRADO, P. Estimativa da evolução do intemperismo mediante ganhos e perdas de íons numa seqüência de solos desenvolvidos de diabásio e influenciados pela drenagem em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.15, p.69-73, 1991.

DIAS, H.C.T.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; OLIVEIRA, A.P.; MICHEL, R.F.M.; LEMOS JUNIOR, J.B. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual de Ibitipoca (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.469-481, 2003.

DOMINGUES, H.M.B. **Ciência: um caso de política: as relações entre as ciências naturais e a agricultura no Brasil-Império**. Tese de doutorado – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, p.212, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Plano diretor do Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Brasília, DF : EMBRAPA- SPI, p.45, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro : EMBRAPA Solos, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. RJ: EMBRAPA Solos, p.359, 2009

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Uma história em três planos**. Disponível em: <http://www.cnps.EMBRAPA.br/memoria/m1.html>. Acesso em: 12 jan. 2012.

ESPINDOLA, C. R. **Histórico da Pedologia: Um Resgate Bibliográfico**. I SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA, III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL, Campinas: UNICAMP, 2007.

FERREIRA, C.A.; SILVA, A.C.; VIDAL-TORRADO, P.; ROCHA, W.W. Genesis and classification of Oxisols in a highland toposequence of the Alto Vale do Jequitinhonha (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.195-209, 2010.

FIGUEIREDO, M. A.; VARAJÃO, A. F. D. C.; FABRIS, J. D.; LOUTFI, I. S.; CARVALHO, A. P. Alteração superficial e pedogeomorfologia no sul do complexo Bação - Quadrilátero Ferrífero (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.713-729, 2004.

FITZPATRICK, E. A. **Soils– their formation, classification and distribution**. New York: Longman, p.353, 1980.



- FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu, FEPAF, p.271, 2006.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**: legenda expandida / Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, Folha 4. Escala 1:600.000. p.49. 2010.
- GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C.; LIMA, J.M.J.C. Topossequências de Latossolos originados de rochas balsáticas no Paraná. Mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.293-306, 2006.
- GIASSON, E.; INDA JUNIOR, A. V.; NASCIMENTO, P. C. do. Estimativa do benefício econômico potencial de dois levantamentos de solos no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p. 478-486, 2006.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.
- HALL, G.F., **Pedogenesis and soil taxonomy. I Concepts and interactions**. New York, Elsevier Science Publication, p.117-140, 1983.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Carta Topográfica de Itajubá**, SF23YB III-3. Escala 1:50.000. Belo Horizonte, 1971.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Manuais Técnicos em Geociências. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa Político do Estado de Minas Gerais**. Escala 1:1.200.000. 2001. Disponível em <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/politico/unidades_federacao/mg_politico.pdf>. Acesso em 15 jun. 2012.
- JENNY, H. **Factors of soil formation: A system of quantitative pedology**. New York, McGraw-Hill, p.281, 1941.
- MACIAS, F.; CHESWORTH, W. Weathering in humid regions, with emphasis on igneous rocks and their metamorphic equivalents. In: MARTINI, I.P.; CHESWORTH, W., eds. Weathering, soils and Paleosols. Amsterdam, **Elsevier Science Publishers**, p.283-305, 1992.
- MARTINS, E.S.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; SOUZA, V.V.; COUTO JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, S.N.; GOMES, R.A.T.; REATTO, A. Relação solo-relevo em vertentes assimétricas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.8, n.1, p.45-62, 2007.
- McLEAN, E. O. Soil pH and lime requirement. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2 ed. Madison: ASA, p.199-223, 1982.
- MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African Soils. **Soil Research**, v.4, p.183-198, 1935.



MONTANARI, R.; MARQUES Jr., J.; PEREIRA, G.; SOUZA, Z.M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.69-77, 2005.

MOREAU, A.M.S.S.; KER, J.C.; COSTA, L.M.; GOMES, F.H. Caracterização de solos de duas topossequências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.1007-1019, 2006.

MOTTA, P.E.F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.C.; PEREIRA, N.R. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.869-878, 2002.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1017, 2007.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia Aplicada**. Piracicaba: FEALQ, 3 ed, p.592, 2008.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**, v.5, p.51-64, 1999.

PARAHYBA, R.B.V.; SANTOS, M.C.; ROLIM NETO, F.C.; JACOMINE, P.K.T. Pedogênese de planossolos em topossequência do Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1991-2000, 2010.

PEDRON, F.A.; FINK, J.R.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C. Morfologia dos contatos entre solo-saprólito-rocha em Neossolos derivados de arenitos da Formação Caturrita no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1941-1950, 2010.

PEREIRA, E. A. N. G. **Influência do Relevo na Profundidade de Solos na Reserva Biológica Serra dos Toledos, Itajubá/MG**. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

PRIMO, K.R. **Estudo hidrogeológico da sub-bacia do ribeirão de José Pereira, município de Itajubá, estado de Minas Gerais**. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2004.

QUEIROZ NETO, J.P. Geomorfologia e Pedologia. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n.13, p.9-20, 2003.

QUEIROZ NETO, J.P. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.1, p.59-67, 2000.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.3-18, 1985.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, p.322, 2007.



ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; CORRÊA, M.M.; COSTA, L.M.; PARAHYBA, R.B.V.; GUERRA, S.M.S.; HECK, R. Topolitossequências de solos do Alto Paranaíba: atributos físicos, químicos e mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1795-1809, 2009.

RUELLAN, A.; DOSSO, M. Regards sur le sol. Universités Francophones. **Les Éditions Foucher**, Paris. 1993. In: ZAPAROLI, F.C.M. **As transformações pedológicas identificadas na topossequência sítio São José na bacia do Córrego Aratu, Florai – PR**, tese de Mestrado em Geografia. Programa de Pós Graduação em geografia da Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2009.

RUHE, R.V. Geomorphic Surfaces and the nature of soils. **Soil Science**, v.82, p.441-445, 1956.

RUHE, R.V. **Quaternary landscapes in Iowa**. Ames, Iowa State University Press, p.255, 1969.

SALGADO, C.M. Pedogeomorfologia: uma nova disciplina para a análise ambiental. **Revista Tamoios**. Ano II, n.2. Julho/dez 2005.

SALTON, J.C.; MELLO, N.A.; MATSUOKA, M.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos de um Argissolo sob pastagem natural após 18 anos sob diferentes níveis de ofertas de forragem. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.7, n.2, p. 107-118, 2008.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.100, 2005.

SANTOS, A.C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L.H.C.; BERNINI, T.A.; COOPER, M.; NUMMER, A.R.; FRANCELINO, M.R. Gênese e classificação de solos numa topossequência no ambiente de mar de morros do médio Vale do Paraíba do Sul, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2010.

SCHAEFER, C. E. G. R.; SÁ; e MELO MARQUES, A. F.; CAMPOS, J. C. F. Origens da pedologia do Brasil: Resenha histórica. **Geonomos**, v.5, p.1-15, 1997.

SEIBERT, J.; STENDAHL, J.; SORENSEN, R. Topographical influences on soil properties in boreal forests. **Geoderma**, v.141, p.139-148, 2007.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). **Mapa Geológico de Itajubá - SF.23-Y-B-III**. Escala 1:100.000. 2008. Disponível em <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em 02 mar 2012.

SILVA, A.C.; VIDAL-TORRADO, P.; PÉREZ, M.G.; MARTIN NETO, L.; VASQUEZ, Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertente em topossequência de Latossolo do sul de Minas Gerais, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1059-1068, 2007.

SILVA, C.R. Geodiversidade do Brasil. Serviço Geológico do Brasil. CPRM. Rio de Janeiro, 2008.

SIMONSON, R. W. Concept of Soil. **Advances in Agronomy**, v. 20, p. 1-44, 1968. In: ESPINDOLA, C. R. **Histórico da Pedologia: Um Resgate Bibliográfico**. I SIMPÓSIO DE PESQUISA EM



ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA, III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL, Campinas: UNICAMP, 2007.

SKORUPA, A.L.A.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; SILVA, C.P.C.; SCOLFORO, J.R.S.; MARQUES, J.J.G.S.M. Propriedades de solos sob vegetação nativa em Minas Gerais: distribuição por fitofisionomias, hidrografia e variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.11-22, 2012.

SOUZA, C.K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M.V.; PEREIRA G.T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1067-1074, 2003.

SOUZA, R.V.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JUNIOR, V.S.; CORRÊA, M.M.; ALMEIDA, M.C.; CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO FILHO, M.R.; SCHULZE, S.M.B.B. Caracterização de solos em uma topoclimosequência no Maciço de Triunfo – Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1259-1270, 2010.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JUNIOR, J., PEREIRA, G. T., MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg, e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1763-1771, nov-dez 2004.

TERAMOTO, E.R.; LEPSCH, I.F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solo, superfície geomórfica e substrato geológico na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba-SP). **Scientia Agricola**, v.58, p.361-371, 2001.

TROUW, R.A.J.; NUNES, R.P.M.; CASTRO, E.M.O.; TROUW, C.C.; MATOS, G.C. MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. **Nota Explicativa das Folhas Varginha (SF.23-V-D-VI) e Itajubá (SF.23-Y-B-III)**. Programa Geologia do Brasil. CPRM. Minas Gerais, 2008.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Rio de Janeiro, p.124, 1991.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro : Ministério da Agricultura–Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (BoletimTécnico, 7).

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. **Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas**. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.4, p.145-192, 2005.

ZAPAROLI, F.C.M. **As transformações pedológicas identificadas na topossequência sítio São José na bacia do Córrego Aratu, Florai – PR**, tese de Mestrado em Geografia. Programa de Pós Graduação em geografia da Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2009.